

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES

Departamento de Escultura



TESIS DOCTORAL

**Aplicaciones en la escultura de conglomerantes
hidráulicos derivados del clinker puzolánico**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Francisco Gómez Jarillo

Director

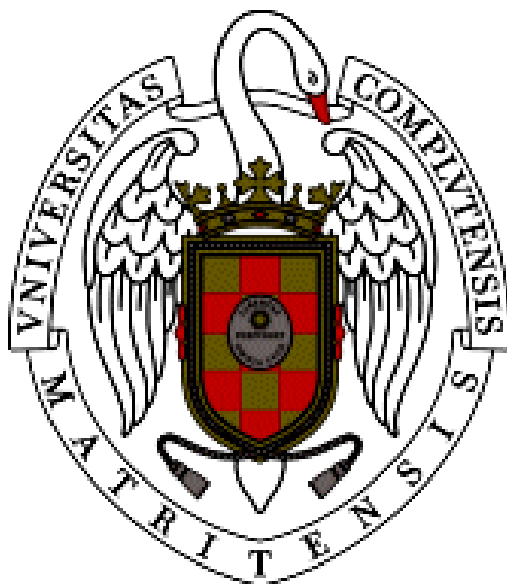
Óscar Alvariño Belinchón

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES

Departamento de Escultura



**Aplicaciones en la Escultura de
conglomerantes hidráulicos derivados del clinker
puzolánico.**

MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR POR

Francisco Gómez Jarillo

Bajo la dirección de:

Dr D Oscar Alvariño Belinchón.

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES

Departamento de Escultura



**Aplicaciones en la Escultura de
conglomerantes hidráulicos derivados del clinker
puzolánico.**

TESIS DOCTORAL

Director: Dr D Oscar Alvariño Belinchón

FRANCISCO GÓMEZ JARILLO

Madrid, 2015

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

Índice.....	V
Introducción, preámbulo.....	XII
Objetivos Generales.....	XIV
Objetivos Específicos.....	XV
Metodología del trabajo.....	XV
Estado de la cuestión.....	XVI

CAPÍTULO I

<i>Breve reseña histórica y etimología.....</i>	1
I-1 Etimología.....	2
I-2 Breve reseña histórica.....	3

CAPÍTULO II

<i>Técnica del hormigón aplicada a la Escultura.....</i>	8
II-1 Conceptos básicos sobre el hormigón.....	9
II-1.1 Componentes.....	9
II-1.2 Características apreciables del hormigón.....	10
II-2 Tipos de hormigón.....	12
II-2.1. El cemento, características y clases.....	13
II-3 Áridos, características y clases.....	17
II-4 El agua.....	22
II-5 Otras cargas y armado.....	23
II-5.1 Adiciones.....	23
II-5.2 Armado.....	26
II-6 Procedimientos en la realización del hormigón anteriores al fraguado	29
II-6.1 Armar el hormigón, colocación de las armaduras.....	29
II-6.2 Dosificación.....	32
II-6.3 Mezclado de la masa y el vertido dentro del molde o encofrado	34

II-6. 4 Vibrado.....	37
II-6.5 Comprobaciones básica	40
II-6.6 Moldes y encofrados.....	42
II-6.6.1 Desmoldeantes.....	49
II-6.6.2 Moldes reutilizables rígidos.....	51
II-6.6.3 Moldes reutilizables elásticos	52
II-7Fraguado y endurecimiento.....	53
II-8 Desencofrado.....	55
II- 9 Tipos de acabado y procedimientos de realización de esculturas en hormigón posteriores al desencofrado.....	56
II-9.1 Piezas modeladas, moldeadas y vaciadas.....	56
II-9.1.1 Ejemplo de pieza obtenida por procedimiento de vaciado en hormigón de una pieza modelada en barro en positivo a molde perdido sin aditivos.....	60
II-9.1.2 Ejemplo de pieza en volumen obtenida por modelado en barro de la figura y vaciado en hormigón de polvo de mármol con aditivos.....	61
II-9.2 Técnica de relieve modelado en negativo sobre barro.....	68
II- 9.2.1 Esquema por pasos de realización de técnica en negativo para murales de hormigón.....	70
II-9.2.2Ejemplos de distintas texturas obtenidas por moldes negativos de barro.....	81
II-9.3 Ejemplo de Piezas realizadas en negativo con moldes de poliestireno expandido en relieve.....	88
II-9.4 Pieza en volumen tallada en negativo dentro de poliestireno Expandido.....	93
II-9.5 Piezas procedentes de moldes de negativos no moldeados.....	99
II-9.6 Piezas mediante construcción del encofrado porpaneles de madera o metálicos.....	100
II-9.7 Tratamientos superficiales de esculturas realizadas en hormigón.....	102
II-9.7.1 Pulido de la Pieza.....	103
II-9.7.2 Piezas vaciadas y posteriormente talladas.....	104
II-9.7.3 Recubrimientos exteriores del hormigón.....	107
II-9.8 Tipos de anclajes, enganches y fijaciones del hormigón	109
II-9.9 Incrustaciones.....	112
II-10 Gunitado como técnica de aplicación en la escultura de hormigón.....	114
II-10.1 Campos de aplicación en la escultura.....	115
II-10.2 Conceptos básicos para la práctica de la técnica del gunitado en la escultura.....	121
II-11 Hormigón modelado directo.....	124
II-12 Vaciados en hueco con hormigón	126
II-13 Hormigón celular.....	128
II-14 Seguridad y salud en la elaboración de esculturas de hormigón	131

CAPÍTULO III

Últimas investigaciones del material con aplicaciones en la Escultura..... 132

III-1 Hormigón Polímero.....	133
III-2 Imitación a piedra mediante tintados.....	133
III-3 Color en el Hormigón a base de pigmentos.....	134
III-4 Prefabricación.....	140
III-4.1 Texturas realizadas en Prehorquiza.....	142
III-4.2 Imagen impresa en hormigón.....	145
III-4.3 Texturas realizadas para superficies de hormigón mediante moldes elastómeros de la casa RECKLI.....	152
III-4.4 Texturas de celosías de Villa Rocca.....	154
III-4.5 Paneles pigmentados.....	155
III-5 Texturas con tratamientos posteriores al fraguado.....	155
III-6 Texturas Naturales.....	156
III-7 Robótica aplicada a la escultura en hormigón estudio Gramazio&Koller..	159
III-8 Hormigón translucido.....	166
III-9 Hormigón reforzado con fibras.....	169
III-10 Hormigón con refuerzo textil	172
III-11 Moldes Flexibles.....	175
III-12 Escultura en Hormigón Subacuática.....	181
III-13 Hormigón autorreparable mediante bacterias.....	185
III-14 Escultura de hormigón con impresión argéntica, fotoimpresión de óxidos de plata.....	185
III-15 Hormigones Foto Catalíticos, Autolimpiables.....	187
III-16 Hormigón con madera	188

CAPÍTULO IV

Escultura en hormigón contemporánea..... 189

Introducción..... 190

Adam, Henri Georges.....	192
Alba, Fernando.....	194
Ashken, Tanya	195
Assler, Federico.....	196
Bayer, Herbert.....	198
Beljon, Joop.....	200
Burri, Alberto.....	202
Cannon, Robert.....	204
Cardells, Joan.....	205
Castagna, Pino.....	206

Ceschia, Luciano.....	208
Chillida, Eduardo.....	210
Chlupác, Miroslav.....	211
Coppinger, Sioban.....	212
Dazinger, Itzhak.....	215
Duarte, Ángel.....	217
Dubon,Jorge.....	219
Dzamonja, Dusan.....	220
Escobedo, Helen.....	222
Fekete, Gabriella.....	223
Ferrant, Ángel.....	226
Fonseca, Gonzalo.....	228
Fuentes del Olmo, Miguel.....	230
García Donaire, Joaquín.....	232
Goeritz, Mathias.....	234
González Gortazar, Fernando.....	239
Gurria, Ángela.....	242
Gutmann, Willi.....	243
Hadany, Israel.....	245
Halchler, Peter.....	246
Herbert Hajek, Otto.....	247
Holt, Nancy.....	250
Donald Judd.....	253
Karavan, Danny.....	254
Koch, Ödön.....	257
Kowalski, Grzegorz.....	258
Lewitt, Sol.....	259
Mateos, Ángel.....	260
Meadmore, Clement.....	262
Melehi, Mohamed.....	263
Miodrag, Zivkovic.....	264
Miró, Joan.....	269
Moeschal, Jacques.....	270
Moore, Henry.....	273
Nivola, Costantino.....	275
Netz-Paulik, Liselotte.....	276
Oteiza, Jorge.....	277
Patkaï, Ervin.....	279
Penalba, Alicia.....	284
Petri,Hans.....	286
Picasso, Pablo.....	289
Pondruel,Denis.....	294
Ramírez Villamizar, Eduardo.....	295
Ruche, Maurice.....	297
Sánchez, José Luis.....	298
Sánchez Pérez, Alberto.....	300
Sauermann, Annette.....	302
Sauras, Javier.....	303
Seguin, Olivier.....	305
Sempere, Eusebio.....	307
Shemi, Yehiel.....	308
Somaini,Francesco.....	309
Staccioli, Mauro.....	310
Subirachs y Sitjar, José María.....	312
Székely, Pierre.....	316

Takahashi, Kiyoshi.....	319
Tandberg, Odd	320
Terwindt, Eugene.....	322
Tissinier, Jacques.....	324
Uribe Duque, Alberto.....	325
Vaquero Turcios, Joaquín.....	326
Vasarely, Victor.....	327
Willians, Todd.....	328
Youngmann, Robert.....	329
Zalduondo. Pablo	332
Esculturas en hormigón de la ex Yugoslavia “Spomenik”	333

Capítulo V

Patología y restauración de esculturas realizadas en hormigón..... 336

V-1 Daños por acciones físicas,,,,,,,,,,,,,	337
V -2 Fisuras.....	339
V- 3 Daños producidos en la realización de las esculturas de hormigón.....	346
V-3.1 Daños provenientes por los materiales.....	346
V-3.2 Daños producidos por la mala ejecución del hormigón.....	347
V-3.3 Los daños producidos por una mala ejecución de los encofrados	348
V-4 Daños accidentales.....	349
V-5 Ensayos del hormigón.....	350
V-6 Restauración de esculturas de Hormigón.....	351

Capítulo VI

Anexos del capítulo IV.....358

Introducción.....	359
Assler, Federico.....	360
Chillida, Eduardo.....	370
Fuentes del Olmo, Miguel.....	395
Mateos, Ángel.....	431

Moore, Henry.....	445
Nivola, Costantino.....	451
Oteiza, Jorge.....	460
Sánchez, José Luis.....	471
Sauras, Javier.....	481
Sempere, Eusebio.....	488
Vaquero Turcios, Joaquín.....	491

Capítulo VII

Conclusiones.....	505
--------------------------	------------

Capítulo VIII

Bibliografía.....	511
--------------------------	------------

VII-1 Bibliografía.....	512
VII-2 Catálogos.....	515
VII-3 Revistas publicaciones.....	516
VII-4 Páginas web de escultores e información de los mismos.....	516
VII-5 Páginas culturales, Arte y Escultura.....	522
VII-8 Webs relacionadas con la técnica del hormigón.....	525
VII-9 Universidades.....	528
VII-10 Normativa.....	528
VII-11 Materiales.....	529

Capítulo IX

Anexos.....	531
--------------------	------------

Anexo 1 Carta recibida de La Fundación Henry Moore.....	532
---	-----

Anexo 2 Cuadros de los tipos de cementos composiciones y usos indicados, propuestos por laUNE-300.....	534
---	-----

Capítulo X

Índice de figuras.....	539
-------------------------------	------------

X.1 Figuras del capítulo I.....	540
---------------------------------	-----

X. 2 Figuras del capítulo II.....	540
-----------------------------------	-----

X.3 Figuras del capítulo III.....	553
-----------------------------------	-----

X.4 Figuras del capítulo IV.....	562
----------------------------------	-----

X.5 Figuras del capítulo V.....	589
---------------------------------	-----

X.6 Figuras del capítulo VI.....	591
----------------------------------	-----

Capítulo XI

Resumen.....	611
---------------------	------------

X.1 Resumen en castellano.....	612
--------------------------------	-----

X.2 Resumen en Inglés.....	618
----------------------------	-----

INTRODUCCIÓN

Preámbulo

Debido a mi formación previa como Arquitecto Técnico y tras mis estudios de Bellas Artes, decidí que el tema de mi tesis doctoral englobase ambos campos. Elegí como base de investigación el hormigón, un material muy utilizado y estudiado en el campo de la Arquitectura y la construcción, siendo un gran desconocido desde el punto de vista de su aplicación en la Escultura.

El hormigón se ha configurado como el material protagonista en la Arquitectura a lo largo del siglo XX y sigue siendo la opción constructiva más relevante, al margen del avance de otros materiales más tecnológicos. Este desarrollo constante ha ido generando una vasta documentación técnica (Prontuarios, Manuales, Fichas técnicas...). Se ha escrito muchísimo sobre el hormigón, pero al no ser un material estático, su conocimiento no está acotado, sigue evolucionando y mejorando gracias a la inversión en investigación que requiere constantemente el mundo de la construcción.

Sin embargo, frente al amplio conocimiento y desarrollo en este campo, existe un gran vacío en cuanto a documentación del material en su aplicación en el mundo de la Escultura y es objetivo de esta tesis el poder aportar información sobre esta técnica, para poder ser una ayuda en la investigación del material, como de base para la realización de piezas o el estudio de obras ya realizadas en el mismo.

Desde siempre, según han ido apareciendo nuevos materiales y herramientas, los escultores han investigado las distintas aplicaciones de estos avances para intentar incorporarlas a su obra. En el caso del hormigón armado, desde su nacimiento a principios del siglo pasado, ha empezado a utilizarse asumiéndose su carácter de material escultórico, especialmente entre los años sesenta y ochenta. Pero a pesar de ser uno de los materiales nuevos más utilizados en escultura para piezas de grandes dimensiones, no cuenta aún con suficiente difusión a nivel docente.

El hormigón otorga unas posibilidades enormes a la escultura, pudiendo hacer piezas similares a la piedra pero con formas que en piedra resultarían imposibles por su volumen y por su forma. Desde obras tan descomunales como el monumento al descubrimiento de América de la plaza de Colón de Madrid, del escultor Vaquero Turcios¹, a formas con tanto intersticio como las de Federico Assler². Estas obras en piedra llevarían años de ejecución y serían implantables económicamente en la mayoría de los casos.

El desarrollo de la escultura dentro del campo del Paisajismo y del Urbanismo, ha llevado a un gran cambio de escala, lo que ha potenciado también la necesidad de otros materiales y técnicas. El hormigón en sí es un material extraño, no proviene directamente de la naturaleza como la piedra o la madera, pero el hombre lo emplea para poder generar una piedra líquida, un fluido que posteriormente vuelve a ser pétreo. Es por tanto un material artificial de acabado natural.

¹ Vaquero Turcios, Joaquín, (1933-2010) Escultor, pintor y arquitecto español. (Autor que posteriormente se desarrollará en el capítulo 4 “Escultura en hormigón contemporánea.” dentro del apartado Vaquero Turcios, Joaquín).

² Assler, Federico, (1929) Escultor chileno. (Autor que posteriormente se desarrollará en el capítulo 4 “Escultura en hormigón contemporánea.” dentro del apartado Assler Federico).

Este material tremendamente expresivo, es el que mejor traslada la sinceridad espacial, gracias a su capacidad de convertirse en elemento portante al mismo tiempo que piel, textura y recubrimiento. Sus enormes posibilidades estéticas, su libertad formal, se configuran gracias a su continuidad, a la maleabilidad propia del material, fluido en sus primeras fases, lo que le confiere grandes ventajas para la escultura.

Cada material genera un resultado formal propio, que en el caso del hormigón resulta muy vasto, precisamente por la sinceridad que le confiere su ejecución.

Frente a esta gran libertad formal que permite expresar conceptos completamente opuestos y texturas infinitas, el hormigón en sí mismo exige una gran cantidad de requerimientos técnicos y necesita una estricta racionalidad técnica en su ejecución, con muchísimas peculiaridades. Es curioso lo sensible y vulnerable que resulta a cualquier variación en todas sus fases, frente a la gran resistencia e imagen de robustez que adquiere una vez terminado. Todas sus cualidades son muy sensibles a todos los procesos previos, desde su dosificación inicial, amasado, vertido, vibrado y fraguado hasta la fase de curado final, por eso es tan necesario el control y conocimiento del material. Cualquier error en su elaboración o ejecución posterior resulta irreversible.

Es un material que parece que tiene vida, totalmente dócil, pero a la vez requiere seguir sus reglas, necesita sus tiempos, de mezcla, de amasado, de ejecución de moldes y encofrados, una correcta colocación de armaduras, de vertido con tranquilidad para un reparto homogéneo, y es necesario mimar su gestación en el fraguado y endurecimiento. Todo esto forma parte de un adecuado proceso escultórico.

El envejecimiento y deterioro de muchas esculturas de hormigón colocadas por lo general a la intemperie, lo que hace que sufran numerosas patologías, abre un nuevo campo a la restauración y demuestra la vulnerabilidad de sus componentes. Este deterioro en la mayoría de los casos se ha producido por una mala ejecución. Analizando estos problemas, podremos preverlos, explicar su origen y aportar soluciones para reducir dichas patologías.

Analizando todo lo anterior concreto que la tesis de este trabajo de investigación es suscribir la idoneidad de este material como material escultórico estudiando sus propiedades y sus limitaciones en este ámbito.

Para alcanzar dicha hipótesis esta tesis se divide en cuatro direcciones metodológicas:

- Una primera parte eminentemente práctica destinada a la difusión del hormigón como material escultórico, donde se proporcionan unos conocimientos básicos del material y de los procedimientos de la técnica aplicada a la escultura. También se aporta una breve historia del material en la que se ve su evolución desde hace más de dos mil años desde sus primeras apariciones en Puzzoli³, aunque realmente en la Escultura no aparece como tal hasta principios del siglo XX como material definitivo.
- Una segunda parte aporta un estudio de las últimas investigaciones y productos que se están realizando, para poder ver sus futuras aplicaciones en la escultura y las últimas piezas, indicándonos cuál es el camino que están tomando los escultores con el mismo, amoldando y utilizando las últimas tecnologías a este material.
- Posteriormente se reflejan todas las posibilidades que ofrece el material, analizando esculturas que se han realizado hasta la fecha en hormigón. En este apartado se enuncian sus propiedades y carencias, los distintos tipos de acabados, su composición a base de distintos tipos de cemento, áridos y aditivos que existen para modificar las propiedades del hormigón, tanto en sus procesos químicos como en los resultados visuales.

³Puzzoli localidad situada al sur de Italia donde se encuentran los restos de una infraestructura portuaria realizada con cales hidráulicas con adición de mineral puzulánico.

- Por último, para comprobar sus limitaciones el mejor camino es estudiar sus patologías, investigando su procedencia, métodos de prevención y la posibilidad de restaurarlas.

No queriendo que la tesis se quedase en una mera guía del material, se ha incorporado una radiografía genérica del espectro de la escultura en hormigón, con una amplia recopilación de esculturas, dando como resultado una síntesis de la utilización de esta técnica en estos últimos cien años. Se ha investigado a escultores que se han apoyado en esta técnica para realizar sus piezas, viendo los resultados que han obtenido y los problemas que han podido encontrarse en el camino. La mayoría de ellos me han transmitido con toda generosidad cómo realizaron sus obras con amplio detalle. Ha sido emocionante ver los logros que han tenido con el material y con qué humildad me lo han transmitido.

Por tanto toda esta labor de información generada en este trabajo de investigación se convierte en un instrumento práctico y estético del uso del hormigón aplicado a la escultura, orientado hacia aquellas personas que estén interesadas en realizar obras plásticas en hormigón. Mostrar especialmente las enormes posibilidades formales, de acabados y texturas que ofrece el hormigón en este campo, siempre bajo el control adecuado de la técnica.

En cualquier caso el objeto de esta tesis sigue en constante evolución, abriendo un gran campo de investigación, y actualizando las nuevas tecnologías e innovaciones que siguen apareciendo. Esto nos hace pensar que en un futuro inmediato existan nuevas técnicas aplicables al mismo que se puedan seguir investigando, a partir de ejemplos concretos, de escultores que se hayan valido de ellas para realizar sus esculturas en este material. Por tanto la profundidad y potencialidad de esta tesis es temporal, como cualquier investigación de una técnica que diariamente avanza y se desarrolla.

Creo que a través del estudio de dicho material, tanto sus distintas composiciones y comportamientos, como los resultados obtenidos en la escultura, justifican este trabajo para todos aquellos que quieran aproximarse a la escultura en hormigón.

Objetivos generales.

Por los argumentos expuestos en el apartado anterior, entiendo que es necesario realizar una labor de investigación, experimentación, recopilación, documentación, análisis y divulgación de este material escultórico.

Creo que con este trabajo de investigación debo avalar la validez de este material como material escultórico tanto experimentando con trabajos propios como localizando obras realizadas por distintos escultores.

La labor de experimentación propia se debe acompañar de las experiencias ya obtenidas por escultores anteriormente, ver los pros y los contras del material tanto en mis manos como en las ajenas.

La imposibilidad propia del doctorando para poder hacer esculturas de tamaño monumental en estos momentos hace tener que investigar y documentarme acerca de ellas a escultores que las han podido realizar, mientras que las esculturas de pequeño y medio formato se experimentarán en distintas técnicas.

Se examinará la técnica desde que se ha comenzado a utilizar en escultura contemporánea, tiempo suficiente para poder observar la durabilidad del material y el envejecimiento de las obras realizadas en él.

Objetivos Específicos.

- Conocer la composición y procedencia de sus materiales así como la interrelación entre los mismos. Ver la viabilidad, si es fácil la adquisición de los mismos.
- Estudio de la técnica de la práctica del hormigón, observando si es factible su realización mediante unos medios técnicos asequibles y con unas indicaciones básicas de realización.
- Conocimiento de las patologías como muestra de las limitaciones de un material.
- Observar obras ya realizadas por escultores, ver cómo se realizaron y estudiar sus patologías si se aprecian.
- Analizar si existe continuidad en su uso como técnica escultórica.
- Estudiar si se están realizando investigaciones con este material aplicadas a la escultura y si existen nuevas técnicas o aplicaciones del material que puedan ser utilizadas en la escultura.

Metodología del trabajo.

Para el cumplimiento de los anteriores objetivos, primero introduzco con una breve reseña histórica del material desde sus comienzos hasta las últimas realizaciones escultóricas en el material comprobando su continuidad.

Se analizan los conceptos básicos del hormigón, clasificando y definiendo los distintos tipos del mismo y de sus componentes desde el cemento y sus tipos, los diferentes áridos que se pueden utilizar, el agua como debe ser su calidad y cantidad.

También se estudia otro tipo de materiales adicionales que se pueden añadir, como los distintos tipos de aditivos que existen y el armado con unas reglas básicas de colocación del mismo y explicación del sentido de su colocación.

Explico la dosificación de los distintos materiales, su mezcla, el vibrado de los mismos y los procedimientos físicos que experimenta el material durante su fraguado y su endurecimiento.

Estudio cuales son las características que tienen que cumplir los moldes tanto en su montaje como en su desencofrado.

Una vez estudiados estos conceptos básicos del comportamiento del material aplicados a la escultura se revisan los distintos procedimientos más habituales con los que se ha trabajado en escultura hasta la fecha, como modelados en negativo tanto en barro como en poliestireno expandido, distintos tipos de vaciado, como pueden ser las terminaciones del material con

distintas texturas, incrustaciones, revestimientos, etc. También se revisa la técnica del gunitado⁴ aplicada a la escultura.

Para terminar con la práctica hay una recopilación de las últimas investigaciones del material en el mundo del arte y las últimas aplicaciones que se estén desarrollando que puedan ser aplicadas en un futuro próximo en las esculturas realizadas en hormigón.

En este trabajo de investigación he realizado una inclusión de escultores que han utilizado esta técnica para la creación de esculturas, muestro en qué época se han hecho y de qué manera para analizar similitudes conexiones y evolución de las mismas a lo largo del tiempo. Para ello he visitado los museos de autores que han realizado obras en hormigón como Chillida, Oteiza, Ángel Mateos, contactado con expertos en sus obras dentro de sus organizaciones.

También he contactado con especialistas en fundaciones creadas alrededor de la obra de autores ya desaparecidos como Henry Moore o Eusebio Sempere. Para aquellos escultores que en la actualidad están realizando obra en hormigón o bien han realizado gran parte de su obra en este material como, José Luis Sánchez, Miguel Fuentes del Olmo o Javier Sauras el doctorando se ha trasladado a sus respectivas localidades para poder realizarlas entrevistas pertinentes y solicitarles la suficiente documentación de sus obras para este trabajo.

Existe gran cantidad de escultores que o han muerto, o viven en otros países en cuyo caso extraigo toda la documentación necesaria mediante bibliografía o Internet.

Por último, para poder saber cuáles son las limitaciones de este material en el campo escultórico, estudio las patologías que se han encontrado en ellas y en otro tipo de piezas que pese a no ser escultóricas nos pueden ayudar a la obtención de un buen diagnóstico de futuras obras que hayan sufrido similar patología, en cualquiera de los casos se aportó unas indicaciones para poder dar un pronóstico con el cual poder actuar.

Estado de La cuestión

Existen publicaciones que no recogen la totalidad del tema, entre ellas puedo destacar dos, la primera son los dos tomos que realizó en los años setenta y ochenta Marcel Joray⁵ sobre escultura en hormigón⁶. En ellos realiza un análisis de lo que se ha realizado hasta el momento en escultura en hormigón, estos tomos han sido un gran apoyo para la realización de este trabajo de investigación, ya que de ellos se han podido obtener no solo alguna imagen de piezas, fotografías de la realización de alguna de las mismas e incluso de documentación de piezas que ya no se conservan. También ha servido como punto de arranque de la investigación facilitando algunos autores que han realizado su obra o parte de ella en hormigón y que a partir de aquellos años han continuado o no realizando obras en este material. Estos libros no entran en detalle en la técnica y como es lógico solo presentan obras realizadas hasta la fecha de su

⁴Gunitado es la técnica de proyectar el hormigón sobre una superficie, mediante una estación de bombeo y mezclado de los materiales llamada gunitadora. (Dentro del capítulo II en el apartado II-10 Gunitado como técnica de aplicación de la escultura de hormigón. se detalla esta técnica.)

⁵ Marcel Joray es un escritor y editor suizo, que durante las décadas de los sesenta a ochenta editó gran cantidad de libros de arte, especialmente dedicados al arte contemporáneo en Suiza y al artista Vasarely.

⁶ MARCEL JORAY (1977) *Le béton dans l'art contemporain*, Neuchâtel, Suiza, edGriffon 1ª ed, Vol 1. MARCEL JORAY (1987) *Le béton dans l'art contemporain*, Neuchâtel, Suiza, edGriffon 1ª ed, Vol 2.

edición, por lo que se veía necesario investigar cual ha sido la evolución de la escultura en hormigón, descubrir más obras y artistas de las que vienen allí reflejadas.

La segunda publicación que destaco, es la escrita por María Isabel Sánchez Bonilla quien edita un Seminario de Escultura realizado en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de la Laguna en 1992. Uno de los apartados del libro, escrito por la misma profesora⁷, trata sobre la técnica del cemento aplicada a la escultura, “Aplicaciones del cemento en la creación de esculturas. Fibrocemento, vaciado, construcción”.⁸ Ese libro es un magnifico inicio a la materia y con este trabajo de investigación se ha considerado completar, detallar más en la técnica profundizando más en ella y aportando dos sectores que no se tocaban; las últimas investigaciones que existen con posibilidades escultóricas, las posibles patologías que pueden aparecer en la escultura y las soluciones a tomar. También se ha considerado facilitar de una forma gráfica y esquemática las soluciones y técnicas escultóricas aplicadas al hormigón.

Gracias a estas dos publicaciones este trabajo de investigación ha tenido un punto de arranque y han servido de guía y ayuda para la realización del mismo.

⁷María Isabel Sánchez Bonilla es actualmente profesora en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de la Laguna impartiendo la asignatura de “Idea, concepto y proceso de la creación artística.”

⁸ SÁNCHEZ BONILLA, M^a Isabel. (1993) “Aplicaciones del cemento en la creación de esculturas. Fibrocemento, vaciado, construcción” En: VVAA, *Escultura, hechos*. La Laguna, 1ª edición. Página 7 a 82, La Laguna, Universidad de la Laguna.

Capítulo I

Breve reseña histórica y etimología

Capítulo I. Breve reseña histórica y etimología

I-1 Etimología

Hormigón El término *hormigón* procede de *formicō*, palabra latina que significa "moldeable" o relativo a dar "forma". El término *concreto*, sinónimo de hormigón, también es latino: *concretus*, que significa "crecer unidos" o "unir". Su uso en castellano se transmite por vía de la cultura anglosajona, como anglicismo, siendo la voz inglesa *concrete*, usada en América Latina.¹

Podemos definir el hormigón como material de construcción formado por una mezcla de cemento, áridos (arena y grava), agua y algunos aditivos en unas determinadas proporciones. Una definición más breve proporciona el diccionario de la Real Academia de la Lengua: “*Mezcla compuesta de piedras menudas y mortero de cal y arena.*”². Muy similar es la definición proporcionada por el diccionario *María Moliner*: “Mezcla de piedras menudas y mortero de cal o cemento y arena, empleada para la construcción”.³

Cemento Se denomina *cemento* al conglomerante hidráulico que, mezclado con áridos (arena y grava), pétreos y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua endureciéndose al reaccionar con el agua mediante reacción exógena, adquiriendo una dureza pétreas, llamado entonces hormigón o *concreto*. Básicamente su uso está centrado en la construcción e ingeniería civil, siendo su principal función la de aglutinante.⁴

Según el Diccionario de la Real Academia el cemento es: “Mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endurece”⁵. Podemos acudir también al Diccionario de la editorial Espasa Calpe: “Del Latín *Cementum*, usado en la vulgata por *argamasa/ Mezcla de cal y arcillas que, calcinadas y molidas, adquieren propiedades adhesivas, cuando se les añade agua...*”⁶

¹ CYRILLET, Simonne, (2009). *Hormigón, Historia de un material*, San Sebastián: Nerea.

² VVAA., (2001), *Diccionario de la lengua española (DRAE)* [en línea] Madrid: RAE. [Fecha de consulta 01/01/2012]. <<http://lema.rae.es/drae/>>

³ MOLINER, María, 1998, *Diccionario María Moliner*, 1998, 2ª edición, página 515, Madrid: Ed. Gredos.

⁴ CYRILLET, Simonne, (2009). *Hormigón, Historia de un material*, San Sebastián: Nerea.

⁵ VVAA., (2001), *Diccionario de la lengua española (DRAE)* [en línea] Madrid: RAE. [Fecha de consulta 01/01/2012]. <<http://lema.rae.es/drae/>>

⁶ VVAA, 1933, *Diccionario Espasa calpe*, Madrid: Espasa Calpe. 2ª edición.

I-2 Breve reseña histórica.

Ya en la antigüedad, y por distintas civilizaciones, se emplearon conglomerantes. Así, por ejemplo los egipcios utilizaban una mezcla de materia cementosa y arena como mortero para la unión de grandes bloques y losas de piedra. Los griegos y los etruscos, por su parte, descubrieron hacia el año 700 a. C. que ciertos depósitos volcánicos unidos a caliza y arenas formaban un mortero con grandes propiedades de dureza, capaz de resistir los embates del mar. Algunos años después, los romanos encontraron un producto volcánico óptimo para estos menesteres cerca de Puzzuoli⁷, que actualmente conocemos como puzolanas. Existieron acueductos y depósitos de agua hechos con este material, cuyos vestigios aún se conservan. Estos muestran cómo fue perfeccionándose la técnica y se empleó en sus grandes obras públicas.



Figura I.1 Panteón de Agripa

Tanto Vitrubio⁸ como Plinio⁹ reflejan en sus escritos las virtudes de sus propiedades.¹⁰ A título de ejemplo, puede citarse la enorme cúpula del Panteón de Marco Agripa, de Roma, en la cual se emplearon morteros aligerados con árido piedra pómez. También son buena muestra de tales propiedades, los restos de antiguos puertos ubicados entre Gaeta y Nápoles, en

⁷ Puzzoli localidad situada al sur de Italia donde se encuentran los restos de una infraestructura portuaria realizada con cales hidráulicas con adición de mineral puzolánico.

⁸ Vitrubio, arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano el siglo I a. C. Vitrubio habla del cemento en su libro *De Architectura* en el año 31 AC.

⁹ Plinio, escritor, científico, naturalista y militar (23-73) Siglo I dC, libro *Historia Natural*.

¹⁰ Para más información acerca de la historia del material se puede acudir a la siguiente bibliografía CYRILLET, SIMONNE. 2009. *Hormigón, Historia de un material*, San Sebastián: Nerea, o los monográficos del Hormigón I, II y III de la revista *Tectónica* 1995, 1996 y 1997.

VVAA,(1995). “Hormigón I”, *Tectónica*, nº 3. Madrid: ATC ediciones

VVAA,(1996). “Hormigón II”, *Tectónica*, nº 5. Madrid: ATC ediciones

VVAA,(2007). “Hormigón III”, *Tectónica*, nº 25. Madrid: ATC ediciones

las costas del Tirreo¹¹, que continúan aún en buen estado de conservación resistiendo tanto la agresión química del agua marina como el choque de las olas durante dos mil años.

Hasta el año 1750 sólo se utilizan los morteros de cal y materiales puzolánicos (tierra de diatomeas, Harina de ladrillos, etc.). Entre los años 1750 y 1800 se investigan las mezclas calcinadas de arcilla y caliza. Smeaton¹² compara en el año 1756 su aspecto y dureza con la piedra Portland, y comprueba que mezclando las cales hidráulicas con arcilla aparecen mejores propiedades. Cuarenta años más tarde, Parker¹³ fabrica el cemento natural dándole entonces el vocablo “cemento” (dado que antes se le daba el nombre *caement* a toda materia capaz de mejorar las propiedades de otras). Entre los años 1825 y 1872 aparecen las primeras fábricas de cemento en el Reino Unido, Francia y Alemania; en 1890 se abren las primeras fábricas en España.

Dado que el hormigón, por sí solo, únicamente resiste bien esfuerzos a compresión e impacto, a finales del s. XIX se le asocia con el hierro, denominándose hormigón armado. Aunque en Francia Lambot¹⁴ construyó una barca a remos de hormigón armado, normalmente se atribuye la invención a un jardinero de París llamado Joseph Monier¹⁵ quien, a mediados del citado siglo, al ver cómo la realización de macetas y arriates en morteros de cemento de pequeños espesores desembocaba irremisiblemente en el agrietamiento y en la consiguiente ruptura de las piezas, optó por incorporar a sus macetas varillas de acero previamente al hormigonado, consiguiendo así mayor resistencia.

De ese uso doméstico, pasa a ser utilizado en puentes y depósitos, abriéndose más posibilidades en sus propiedades físicas y mejorando a esfuerzos de tracción, torsión, cortante..., extendiéndose su empleo tanto en obras públicas como privadas. Así, los arquitectos lo incorporan en sus proyectos dado que es un material menos laborioso que la piedra, que se utiliza para grandes edificaciones monumentales, y más económico que el acero, que resulta caro para la realización de estructuras.

A comienzos del siglo XIX, concretamente en 1824, Joseph Aspdin¹⁶ patenta en Inglaterra el primer cemento Portland, una mezcla caliza, que una vez molida, calentada a altas temperaturas y batida junto con arcilla, producía lo que a fecha de hoy entendemos como

¹¹ Localidad italiana frente al Adriático.

¹² John Smeaton (1724-1792) Ingeniero civil inglés.

¹³ James Parker, clérigo inglés y fabricante de cemento realizó su primera patente de cementos en 1791.

¹⁴ Lambot (1814-1887) Inventor francés.

¹⁵ Joseph Monier (1832 – 1906) Jardinero francés.

¹⁶ Joseph Aspdin (1778 – 1885) Empresario inglés.

cemento. Recibió el nombre de cemento Portland por la similitud con las rocas que existían en la isla de Portland del condado de Dorset. Antes de la Segunda Guerra Mundial, se empiezan a realizar edificios de gran envergadura, rebajando costes y disminuyendo los plazos de ejecución. Después de la guerra, los avances de los cálculos estructurales se divulgan por las universidades; dada la gran extensión del material comienzan a realizarse normas a niveles nacionales¹⁷ para la reglamentación de sistemas de construcción, elaboración y cálculo de las mismas.

En España tuvo su eclosión en los años sesenta, desplazando las estructuras de acero al ser mucho menos costoso. Aun así, dada la poca experimentación en la mayoría de los casos y la poca experiencia sobre el material, el incremento exponencial de su uso en los años sesenta y setenta viene acompañado de graves problemas. Aquí en España aparece asociado con el fenómeno de la aluminosis¹⁸.

A día de hoy, puede afirmarse que el cemento es el conglomerante más barato que existe, material que al ser mezclado con agua y áridos permite formar una roca artificial con la forma deseada. El auge del uso de lo que hoy denominamos hormigón armado, ha revolucionado nuestro mundo, proporcionando un material imprescindible en la construcción de edificaciones, tanto en la estructura de las mismas, como en sus cerramientos o acabados, y también en obra civil para la realización de todo tipo de infraestructuras. Tras la aparición de los conglomerantes hidráulicos y el armado de los mismos, el hormigón ha dado un salto cualitativo impresionante como material para el desarrollo de todo tipo de soluciones constructivas, proyectándose incluso sobre la construcción de embarcaciones.

La mayor producción de cemento en el mundo se realiza en los países más industrializados aun siendo importante en países menos favorecidos como Perú o países de la Polinesia. Rusia, China, Japón y Estados Unidos son los mayores productores, seguidos por Alemania, Francia, Italia, España, y Brasil que son también grandes productores.¹⁹

¹⁷Normas UNE y EHE en España, DIN en Alemania y ACI en Estados Unidos.

¹⁸ En el Capítulo V dentro del apartado V-3.1 *Daños provenientes por los materiales* se desarrolla el tema de la aluminosis.

¹⁹Todos estos datos pueden ser contrastados en la siguiente bibliografía CYRILLET, SIMONNE. 2009. *Hormigón, Historia de un material*, San Sebastián: Nerea, o los monográficos del Hormigón I, II y III de la revista *Tectónica* 1995, 1996 y 1997.

VVAA,(1995). “Hormigón I”, *Tectónica*, nº 3.Madrid:ATC ediciones

VVAA,(1996). “Hormigón II”, *Tectónica*, nº 5.Madrid:ATC ediciones

VVAA,(2007). “Hormigón III”, *Tectónica*, nº 25.Madrid:ATC ediciones

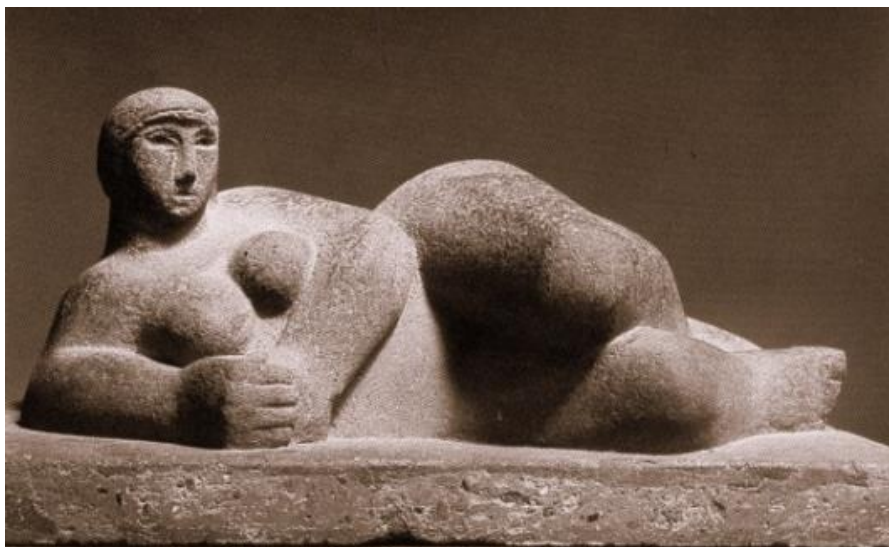


Figura I.2 Henry Moore, *Mujer recostada*, 1926

A nivel escultórico veremos que es un material idóneo por sus cualidades de gran capacidad de adaptación al molde y sus bajos costes de ejecución, características que le hacen ser objeto de elección por escultores de la talla de Moore²⁰, Oteiza²¹, Chillida²², Jean Arp²³, Dubuffet²⁴, Donald Judd²⁵, Miro²⁶, Nivola²⁷ y un largo etcétera, para la realización de sus obras.

Una vez que se ha confirmado con el tiempo que el hormigón ha adquirido unas cualidades de calidad y resistencia, empieza a ser apreciado para su aplicación artística.

Las primeras esculturas modernas que se encuentran en esta investigación, son las piezas de mujeres recostadas de Henry Moore fechadas en 1926; son obras en un hormigón

²⁰ Henry Moore (1898-1986) Escultor británico. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado, “Moore Henry”)

²¹ Jorge Oteiza (1908-2003) Escultor español. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo VI Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado, “Oteiza, Jorge”)

²² Eduardo Chillida (1924-2002) Escultor español. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo VI Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado “Chillida, Eduardo”)

²³ Jean Arp (1886-1966) Artista franco-alemán. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado “Arp, Jean”)

²⁴ Dubuffet (1901-1985) Artista francés. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado, “Dubuffet”)

²⁵ Donald Judd (1928-1994) Artista estadounidense. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado “Judd, Donald”)

²⁶ Joan Miro (1893-1983) Artista español. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado “Miro, Joan”)

²⁷ Costantino Nivola (1911-1988) Artista italiano. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo VI Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado “Nivola, Costantino”)

tosco que genera una textura potente. Mientras que en España la primera que se data es el relieve de Adán y Eva, realizado por Jorge Oteiza, fechado en 1931, trabajo con el obtuvo el Primer Premio en el IX Concurso de Artistas Noveles Guipuzcoanos.



Figura I.3 Oteiza, *Adán y Eva*. 1931. Figura I.4 Detalle del conjunto escultórico subacuático del escultor Jason de Caires Taylor realizado en México.

Posteriormente, de los años sesenta a ochenta, es cuando mayor aceptación y desarrollo ha tenido esta técnica en el ámbito escultórico. Sus bajos costes, su maleabilidad y, si está bien ejecutado, su durabilidad, hace que muchos escultores se decanten por su utilización. En la actualidad, nuevas investigaciones y productos relacionados con el material que van apareciendo en el mercado están facilitan su desarrollo en el campo escultórico.

Capítulo II

Técnica del hormigón aplicada a la Escultura

Capítulo II. Técnica del hormigón aplicada a la Escultura

II-1 Conceptos básicos sobre el hormigón

El hormigón es un material heterogéneo compuesto por la agrupación de distintos elementos, que pueden clasificarse en tres conjuntos: activos, inertes y perjudiciales. Dentro de los activos están el agua y el cemento; los inertes son la arena, la piedra y, en su caso, el acero. Por último, por elementos perjudiciales consideraríamos huecos e impurezas. Indudablemente, la calidad del hormigón dependerá de la de sus componentes y de la ausencia de impurezas.

A continuación se exponen algunas notas básicas sobre tales componentes.

II-1.1 Componentes

Activos

El *agua* más recomendable es la potable. No se debe utilizar agua con impurezas, debiendo desecharse, por tal razón, agua con sulfatos, sustancias insolubles o con PH inferior a 6 o superior a 8.

Por lo que respecta al *cemento* lo normal es la utilización de *cementos portland* artificiales, con tiempos de entre una hora y cuatro de inicio de fraguado. Existe otro tipo de cementos como el *aluminoso* o bien el *supercemento* que por su dificultad de obtención actual no merece la pena utilizar en grandes masas.

En la actualidad, un sinnúmero de casas comercializadoras ofrecen una gran variedad de *aditivos* para el cemento, pudiendo modificarse al antojo de cada usuario las propiedades del conglomerante: retardadores, aceleradores compactadores...

Inertes

La *arena* se clasifica según el tamaño. Se entiende como árido fino aquel con espesores de 0 a 5mm, y grueso el que presente espesores de 5mm a 7mm. La dosificación entre ambos espesores es fundamental para obtener hormigón de mayor resistencia y compacidad.

La *piedra* debe estar limpia para una mejor adherencia al cemento y es fundamental que su resistencia a la compresión sea superior al hormigón a realizar. La forma de los elementos es indiferente tanto si son cantos rodados como brechas.

En cuanto al *acero*, si el hormigón va armado para soportar distintos esfuerzos como tracción, torsión, etc., que vayan más allá de su resistencia, normalmente es armado con barras de acero corrugadas para aumentar su adherencia. Sus dimensiones de fabricación son de 3 a 55mm de diámetro y, de longitud, de siete metros a la longitud del rollo que se aporte. El acero deberá cumplir las condiciones mínimas que establece la normativa española.

Perjudiciales

Las *impurezas* las puede aportar cualquiera de los componentes, aunque en menor medida el cemento dado su proceso de fabricación. Se presentan normalmente en los áridos como arcillas siendo más perjudiciales si vienen en grumos que en polvo, sales o materias orgánicas.

Los *huecos* entre los áridos y las piedras deben ser rellenados por el cemento y el agua; si no es así aparecen las coqueras o bolsas de aire que son perjudiciales en varios sentidos. El primero es que merma la resistencia del hormigón; el segundo, que una vez fraguado el hormigón aumenta la porosidad, siendo un paso abierto a que agentes externos perjudiciales debiliten las características del mismo. Este tipo de oquedades serán particularmente perjudiciales cuando el hormigón sufra heladas o esté en contacto con el mar.

Dosificación

Se usa el término dosificación para determinar el porcentaje de cada uno de los elementos de los que consta la masa del hormigón.

Dosificación clásica del hormigón:

850 litros de piedra¹.

400 litros de arena.

De 300 a 350 kg de cemento.

200 litros de agua.

Peso específico del hormigón

El peso específico del hormigón oscila entre 1200 Kg/m³ y 2600 Kg/m³. Para el cálculo normalmente se adopta 2400kg/m³, éste varía dependiendo del tipo de árido que estemos utilizando.

II-1.2 Características apreciables del hormigón

Características mecánicas.

Mecánicamente el hormigón se comporta muy bien a *compresión* y no muy bien a *tracción*, *torsión* o esfuerzos a *cortadura*.

Las características mecánicas varían mucho dependiendo de sus componentes tanto por su naturaleza como por su dosificación. Una mala dosificación de árido hace que se tenga que aportar más cemento para el relleno de los huecos con el consiguiente encarecimiento del mismo. Un exceso de cemento puede conllevar la aparición de retracciones y sus correspondientes fracturas, mientras que un déficit del mismo merma radicalmente las propiedades mecánicas.

¹ Se entiende el volumen de un litro de agua.

Lo mismo acontece con el agua: un exceso de cantidad puede llevar a sedimentaciones, lavado de las piedras, puede disminuir la resistencia del hormigón y variar las condiciones de trabajabilidad o plasticidad, mientras que su déficit llevará la falta de reacción necesaria del cemento como conglomerante y la merma de plasticidad. En la dosificación del agua es preciso tener en cuenta la humedad de los áridos, que en algunos casos puede llegar a un cuarenta por ciento del necesario para la reacción.

Resistencia al fuego. El hormigón es muy mal conductor y resiste al fuego magníficamente; de hecho, las estructuras armadas con tan sólo dos centímetros de recubrimiento bastan para la protección de las armaduras metálicas, Es prácticamente imposible el colapso de una estructura por esta causa.

Resistencia a los agentes atmosféricos. El hormigón resiste muy bien a las inclemencias del tiempo, más aun si no es poroso dado que si penetra el agua en él, la congelación puede deteriorar su capa exterior de igual modo que a una roca común.

Resistencia al paso del tiempo. La resistencia del hormigón no merma con el paso del tiempo, continúa endureciendo pero no a la velocidad de los primeros días. Pasados unos 180 días el endurecimiento es imperceptible.

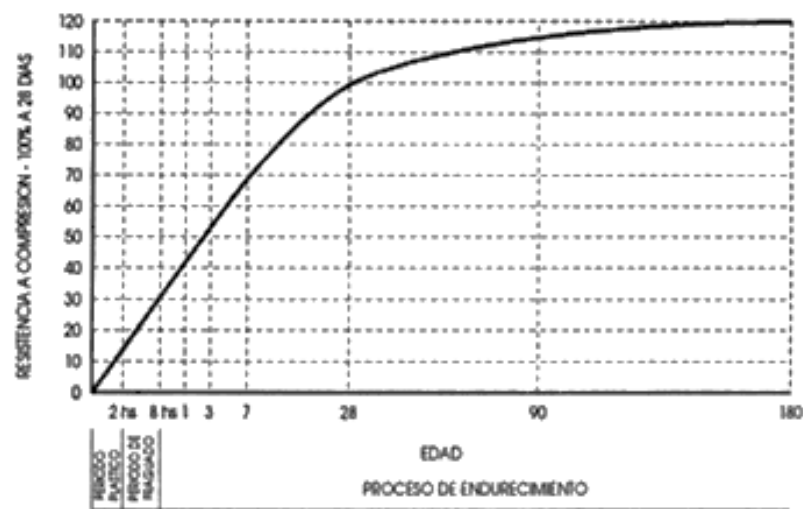


Figura II.1 Desarrollo de la resistencia en el tiempo de un hormigón con cemento Portland Normal.

Adaptabilidad a la forma deseada. Su enorme adaptabilidad a cualquier forma, debida a que se opera en semilíquido, es una propiedad imprescindible para el campo que nos ocupa.

Impermeabilidad. Si el hormigón está bien ejecutado es impermeable salvo con aguas muy puras o espesores muy finos.

Fácil manejo. No requiere una gran especialización, tan sólo seguir unas instrucciones básicas, mínimas y lógicas.

Mantenimiento cero. El hormigón no necesita mantenimiento. Únicamente en los primeros días de fraguado, como es lógico, deberemos preservarlo de una evaporación rápida o de vibraciones.

II-2 Tipos de hormigón

Expuestas las características básicas del hormigón, para el desarrollo del trabajo es también relevante introducir algunas nociones sobre sus distintos tipos.

El **hormigón en masa** es aquél que se vierte directamente en moldes previamente preparados al efecto generando macizos que soportan bien los esfuerzos de compresión. A este hormigón se le suele denominar también hormigón *moldeado*.

Dentro del hormigón en masa encontramos dos categorías adicionales. De una parte, el **hormigón ligero**, caracterizado por estar formado por áridos de pequeña densidad, es utilizado para la obtención de elementos que no precisen grandes resistencias, como enfoscados de revestimiento y con buenas propiedades como aislante del calor y del sonido. Por su pequeña densidad se pueden obtener piezas de grandes dimensiones y aligerar las estructuras, pudiéndose realizar láminas de cualquier forma. Secan rápidamente y permite, ser clavadas o aserradas.

De otra parte, el **hormigón ciclópeo** es un tipo de material usado en elementos que por su falta de complejidad lo permitan. En la actualidad es un sistema que ha quedado prácticamente en desuso. El hormigón ciclópeo se realiza añadiendo piedras de grandes dimensiones² a medida que se va hormigonando para economizar material y se llenan los intersticios entre las rocas, hasta conseguir homogeneizar el conjunto.

Estas piedras de gran tamaño se colocan sin que se toquen entre sí y una vez vertido el hormigón para evitar intersticios. Suele utilizarse únicamente si la piedra del lugar es barata y tiene propiedades mecánicas superiores al hormigón que se realiza. Este hormigón en escultura solo se utilizaría como relleno si así se requiriese en grandes actuaciones.

Se denomina **hormigón estructural** u **hormigón armado** a aquél que proviene de la unión entre el hormigón en masa y el acero habitualmente en barras. De tal manera que la colaboración entre ambos materiales hace posible soportar todo tipo de esfuerzos. Dado que el hormigón resiste muy bien la compresión mientras que no trabaja bien a tracción, tal debilidad es compensada por el acero, además de ayudar a la compresión llegado el caso. La adherencia entre ambos materiales es magnífica y sus dilataciones son parecidas. Esto hace que su

² Para economizar más el producto se utilizan piedras del lugar y de fácil obtención.

interrelación sea óptima, no siendo preciso empalmar mediante soldaduras las barras, sino que bastará con un simple solape de las mismas para que puedan transmitirse los esfuerzos entre sí.

La armadura se coloca en las zonas de la pieza que van a sufrir esfuerzos distintos al de compresión para poder suplir esa carencia y en algunos casos para, asimismo, reforzar la resistencia a la compresión.

II-2.1. El cemento, características y clases.

El cemento se produce por la calcinación y posterior molienda de la mezcla extraída de canteras de arcilla y caliza, minerales de fácil obtención en todo el mundo.

La calcinación se produce en un horno a unos 1400°C cociendo margas, la mezcla natural de arcilla y caliza, seguida de una fina molienda.

La composición química típica sería:

Caliza (8 CaCO_3) + Arcilla ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) + calor =

Cemento natural ($2\text{CaO}, \text{SiO}_2 + 3\text{CaO}, \text{SiO}_2 + 3\text{CaO}_3$) + $8\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

La temperatura de cocción influye en el tiempo de fraguado posterior. Así, con una cocción más fría de entre 1000°C y 1150°C se obtendrán cementos rápidos; con una cocción media, de entre 1150°C y 1300°C, se obtendrán cementos semilentos. Y con una cocción alta, entre 1300°C y 1400°C, se obtienen cementos lentos. Sobrepasando o quedándose por debajo de estas temperaturas los cementos dejan de ser utilizables, bien por su falso fraguado o por carencia de resistencias.

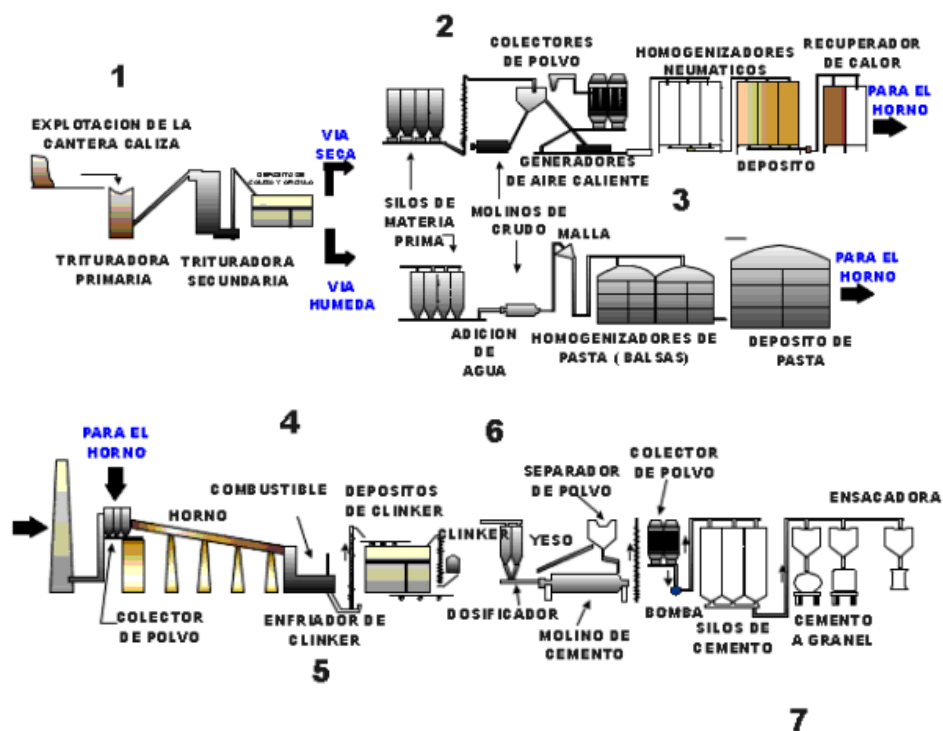


Figura II.2 Detalle de esquema de la fabricación del cemento.

El producto resultante de la cocción se denomina *Clinker portland* que, después de ser molido y de que se le añada sulfato cálcico (yeso) para ajustar el proceso de endurecimiento, se convierte en lo que denominamos *Cemento Portland*. Del compuesto inventado por J. Aspdin en 1824 ya sólo queda la denominación que él dejó.

El uso del *Cemento Portland* es el más extendido en el mundo y su denominación en Europa es la CEM I; debido a su costo energético su producción degrada gravemente el medio ambiente, para paliar este problema existen adiciones minerales que disminuyen las emisiones de dióxidos de carbono en su fabricación igualando o mejorando las propiedades del mismo. Estas adiciones minerales están normalizadas en sus dosificaciones con sus correspondientes designaciones. Normalmente los aditivos son: cenizas volátiles, esquistos calcinados, escoria granulada procedente de altos hornos, polvo de calizas....

La figura II.3 es un esquema que muestra los tipos principales de cementos con sus designaciones y composiciones.³

Tipos principales	Designación de los 27 productos (tipos de cementos comunes)		Composición (proporción en masa ¹⁾)										Componentes minoritarios
			Componentes principales										
			K	Escoria de horno alto S	Humo de sílice D ²⁾	Puzolana natural P	Puzolana natural calcinada Q	Cenizas volantes síliceas V	Cenizas volantes calcáreas W	Esquistos calcinados T	Caliza L	Caliza LL	
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Cemento Portland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Cemento Portland con humo de sílice	CEM II/A-D	90-94	—	6-10	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-P	80-94	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	0-5
	Cemento Portland con puzolana	CEM II/B-P	65-79	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-V	80-94	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	0-5
	CEM II	Cemento Portland con ceniza volante	CEM II/B-V	65-79	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—
CEM II/A-W			80-94	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	0-5
CEM II/B-W			65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5
Cemento Portland con esquisto calcinado		CEM II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	0-5
		CEM II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	0-5
Cemento Portland con caliza		CEM II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5
		CEM II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	0-5
Cemento Portland mixto ³⁾		CEM II/A-M	80-94	<----- 6-20 ----->									
	CEM II/B-M	65-79	<----- 21-35 ----->										0-5
CEM III	Cemento con escorias de horno alto	CEM III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
CEM IV	Cemento puzolánico ³⁾	CEM IV/A	65-89	—	<----- 11-35 ----->					—	—	0-5	
		CEM IV/B	45-64	—	<----- 36-55 ----->					—	—	0-5	
CEM V	Cemento compuesto ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	—	<----- 18-30 ----->			—	—	—	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	—	<----- 31-50 ----->			—	—	—	0-5	

1) Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios (núcleo de cemento).

2) El porcentaje de humo de sílice está limitado al 10%.

3) En cementos Portland mixtos CEM II/A-M y CEM II/B-M, en cementos puzolánicos CEM IV/A y CEM IV/B y en cementos compuestos CEM V/A y CEM V/B los componentes principales además del clinker deben ser declarados en la designación del cemento (véase el apartado 8).

Figura II.3 Cuadro de tipos de los cementos más habituales por su composición.

Dentro de los *cementos Portland* existen distintas resistencias. Los de más altas resistencias iniciales son la clase 450, los de resistencia normal son la clase 350, y además

³ Dentro de anexos se aportan los cuadros de la UNE 80-300-2000 IN que nos proporcionan la adecuación de cada uno de ellos en función del uso específicamente. En esta misma tesis se recomiendan distintos tipos de cemento dependiendo del uso al que se vaya a destinar.

existen los *Portland* artificiales de clase 250. Esa clase numérica viene determinada por la resistencia que tiene el cemento a compresión kg/cm^2 a los veintiocho días.

Estos últimos cementos de clase 250 son apreciados por los escultores por su coste moderado y su facilidad de adquisición, Pueden ser empleados en la mayoría de sus esculturas si no requieren condiciones especiales.

Según iban apareciendo problemas en la ejecución de obras en hormigón surgieron distintas clases de cemento para poder solucionarlos; así, encontramos cementos resistentes a los sulfatos, al agua de mar, cementos más rápidos, etcétera. Todos estos tipos de cementos especiales son siempre cementos derivados de *Clinker Portland* al que se le añade un compuesto. Entre ellos podemos encontrar los siguientes⁴:

Cementos puzolánicos. Estos cementos se caracterizan porque en su composición se le añaden puzolanas, que son arenas y cenizas procedentes de zonas volcánicas, ricos en sílice y alúmina. Las propiedades que le confieren a estos cementos son que los hormigones realizados con ellos son resistentes en zonas muy agresivas químicamente como el agua de mar, las obras hidráulicas... En escultura sería una buena elección para aquellas en contacto con el agua de mar o en un entorno muy contaminado atmosféricamente como una calle muy transitada por tráfico rodado, mientras que no se debería utilizar en un clima seco y frío pues se seca muy fácilmente, siendo este condicionante solo considerado para su periodo de ejecución.

Cementos con escorias. En el proceso de fundición de los altos hornos la escoria de arcillas y calizas flota sobre el metal fundido a temperaturas de 1300 y 1400°C produciéndose una verdadera *puzolana artificial*. Estas puzolanas deben ser templadas; para ello se las enfría rápidamente en agua. Estos cementos son aptos para el cemento armado y en masa, pero tienen el inconveniente de que pueden conllevar la aparición de manchas o florescencias, por lo que no son apreciados en escultura (siempre y cuando no se quiera esa textura visual).

Cementos aluminosos. Jules Bied⁵ en 1908, al preocuparse por la generación de conglomerantes resistentes a las aguas marinas, patentó el cemento aluminoso, añadiendo bauxita mineral del que se extrae el aluminio en la composición del clinker. El cemento aluminoso adquiere resistencias de 500kgr/cm^2 a las 48 horas de su realización y puede desencofrarse al día siguiente siempre que no sea muy complicado éste y no aparezcan enganches.

Estos cementos se utilizan para trabajos en tiempo frío, piezas de pequeño espesor, rapidez de ejecución y gran resistencia química. No son indicados para grandes masas ni climas calurosos dado que tienen una reacción exotérmica muy potente en el proceso de fraguado y que pueden

⁴ Todos los tipos de cementos vienen reflejados en la norma EHE, para obtener más información acerca de los mismos se puede acudir de una forma clara al libro: JIMÉNEZ Montoya,(2000). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 14ª edición tomada de la EHE basada en el código modelo y en el eurocódigo.

⁵ Jules Bied, ingeniero francés de finales del siglo XIX.

llegar a realizar falsas cristalizaciones si no se modera esa temperatura. Para lo cual durante las primeras 48 horas se deben refrigerar y humedecer constantemente estas piezas. Este tipo de cemento fue utilizado en la Guerra Civil Española en construcciones defensivas por su rápido endurecimiento y en la realización de viguetas por su rapidez de fabricación.

A lo largo de los años ha aparecido un grave problema con el cemento aluminoso: el llamado cáncer del hormigón o *aluminosis*. Sin aún saber a ciencia cierta el motivo, se cree que la causa de esta reacción se debe a una combinación de humedad, altas temperaturas y agentes químicos como la polución. La cristalización del mismo pasa de hexagonal a cúbico rompiendo los enlaces y perdiendo la estabilidad física.⁶

Por estos motivos no se aconseja este tipo de cemento para la realización de esculturas que vayan a ser instaladas en lugares con la posibilidad de que aparezcan estos factores, mientras que sí serían indicados para piezas de interior y de mediano y pequeño tamaño.

No se puede terminar esta clasificación sin mencionar especialmente el **cemento blanco**, pues constituye un gran aliado para la escultura. Junto con áridos procedentes de la molienda de mármol, el cemento blanco da aspectos marmóreos excelentes, y aportando pigmentos se pueden obtener colores brillantes que en el caso de utilizar cementos grises existe mayor dificultad en obtenerlos.

El cemento blanco aporta las mismas cualidades físicas que el grisáceo. La única diferencia es su composición, dado que los cementos blancos carecen de sales de hierro o magnesio en proporciones superiores al 1%. Su tono se debe, básicamente, a su composición pues son derivados de la molienda de minerales blancos como cretas, caolines y mármoles. La fabricación del cemento blanco es distinta en la calcinación realizada en el horno que deshidrata el *clinker* dado que el combustible del horno debe ser más puro y que no aporte escorias oscuras utilizándose combustibles como gases o gasógenos.

Al tener una fabricación especial el precio se encarece. Este aspecto será, ciertamente, muy relevante en obras de ingeniería o en la construcción dado el volumen de material empleado. Pero por lo que respecta a su utilización en escultura, normalmente el coste será muy inferior a una talla o fundición.

Dentro del capítulo de anexos de esta tesis se han incorporado los cuadros de idoneidad de los tipos de cemento para distintos tipos de usos de la Norma UNE 80300.2000 IN. Con ella, el escultor puede seleccionar un cemento determinado si existe algún condicionante muy especial. Es decir si sabemos que la escultura va estar en contacto con el agua marina se nos

⁶ Un ejemplo es la aluminosis es la que afectó al Estadio Vicente Calderón, edificio que sufría gran contaminación por la M-30, humedad por el río Manzanares y altas temperaturas en verano.

recomienda que utilicemos cementos resistentes a la misma de los siguientes tipos: CEM I /A-Q, CEM II/ B-Q, CEM II/A –W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C.

Expuestas las distintas clases de cemento, conviene efectuar una advertencia: **NUNCA** deben mezclarse cementos de distinto tipo pues la reacción de algunos de sus elementos frente a otros puede mermar la calidad del conjunto.

II-3. Áridos, características y clases.

El árido es un elemento de gran importancia en la elaboración del hormigón. La mala elección del mismo o bien una errónea dosificación puede generar un hormigón defectuoso o inservible.

Podemos clasificar los áridos que componen el hormigón de tres maneras: por su tamaño, por su composición química y por su forma.

Por su tamaño vamos a encontrar diferentes clases. Denominamos **arena** al árido fino con un máximo de grano de 5 a 7mm; **gravilla** al árido cuyo tamaño máximo esté comprendido entre 7 y 25 ó 30mm, y **grava** cuando supera esas dimensiones y llega a tamaños de 30 a 70mm.

Por composición química los áridos más frecuentemente utilizados son los **silíceos** y **calizos**, teniendo un mejor comportamiento los primeros por resistencia y por menor captación de agua.

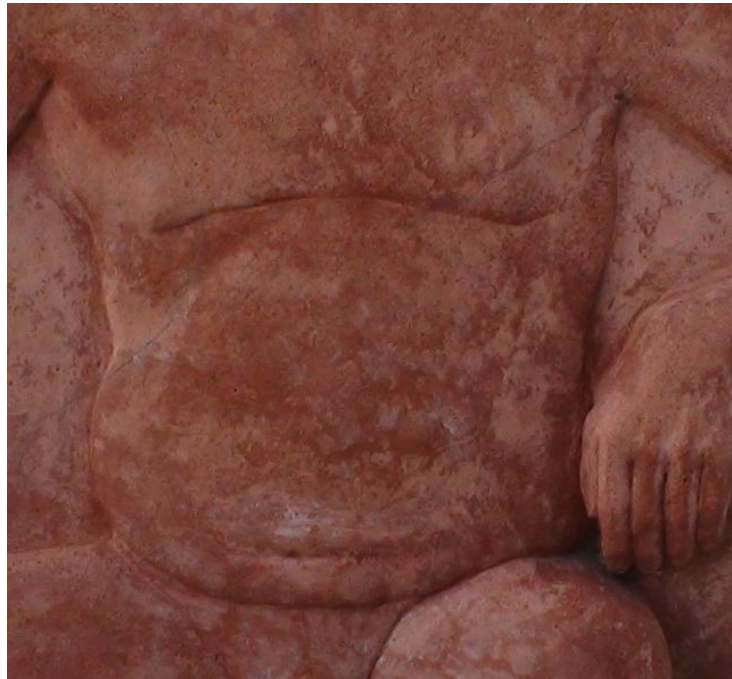


Figura II.4 Detalle de textura de relieve realizado con árido procedente del picadizo de fundición.

Los áridos deben estar limpios y no tienen que contener impurezas (carbón, escorias, yesos, mica) ni lodos. Existen distintos métodos para comprobar la existencia de impurezas. Una comprobación sencilla es tomar un puñado, apretarlo en la mano y al abrirla ver que no aparecen restos de arcilla ni barro adheridos a la piel. También se puede tomar medio kilo de árido, introducirlo en una probeta de vidrio, añadir agua, agitarlo y, transcurridos 20 minutos, comprobar la decantación que ha tenido y la cantidad de limo que queda en la parte superior de la probeta. Para saber si existen materiales orgánicos dentro del mismo se le añade una solución sódica al tres por ciento y si amarillea es que existe materia orgánica.



Figuras II.5 y 2.6 Detalles de grava y torre de clasificación de áridos en cantera.



Figura II.7 Muestrario de áridos, gran parte de ellos procedentes de la trituración de distintos mármoles.

Un factor importante a considerar en el árido es la humedad que aporta entre (5% a un 40%), dato que consideraremos al incorporar agua para el fraguado. Un sistema sencillo para calcular la cantidad de agua que tiene un árido es tomando una porción, calentarla a 100 grados en un horno durante 20 minutos y volviéndolo a pesar. La diferencia nos dará la cantidad de agua que tiene proporcionado con el resto; en este mismo ensayo podemos apreciar si esa misma masa ha variado de volumen. A este respecto, existen áridos que con poca cantidad de agua se esponjan variando así el volumen.



Figura II.8 Detalle de textura de pieza de hormigón realizada con árido procedente de la trituración de mármoles blancos.

Como es lógico, la dureza del árido debe ser siempre superior a la del hormigón resultante. Para no disminuir las propiedades del mismo, debe evitarse la utilización de tierras con impurezas orgánicas dado que pueden crear hormigones sin resistencias o bien que directamente no fragüen; se deben hacer exámenes colorímetros evitando tierras marrones. Por supuesto, deberá evitarse el uso de tierras extraídas directamente desde el suelo, existiendo la posibilidad de comprar, bien ensacados bien a granel, áridos perfectamente lavados y de buenas resistencias.

Dentro de la tercera clasificación, basada en la forma de los áridos, encontramos los cantos rodados o piedra machacada. Los primeros proceden de los ríos producidos por la erosión generada por el movimiento de las piedras. Estos se pueden extraer directamente en dragados de ríos o en mina. La única ventaja del canto rodado es su buena maleabilidad.

La piedra machacada es la más frecuente y para su fabricación se utilizan machacadoras similares a las que se utilizan para machacar la piedra caliza en la industria del cemento.



Figura II.9 Muestrario de áridos, algunos de ellos minerales naturales otros tierras calizas tintadas.

Para mejorar la maleabilidad en este tipo de hormigones se aportan más finos o bien aditivos para el caso. La ventaja para el escultor al utilizar este tipo de árido es que puede elegir más fácilmente el color del árido.

Los áridos más fáciles de encontrar en cualquier almacén de la construcción son los de arena de río de sílice, procedentes de dragados de río. Áridos más especiales en tamaño y tonalidad se pueden encontrar en molinos de piedra, ya que en ellos se pueden seleccionar distintas rocas y el grosor de las mismos.

Siempre hay que dejarse aconsejar por los profesionales de los almacenes de suministro para que nos expliquen si existe alguna posibilidad de reacción con el cemento, que impida su fraguado o que merme las propiedades del hormigón.



Figura II.10 Muestrario de áridos tintados y vidrios machacados en molino de piedra.

Los áridos de colores potentes normalmente son áridos coloreados o pintados; si se parten aparece el color natural de la piedra, normalmente blanca de origen calizo. Por tal razón, no son recomendables y habría que realizar pruebas de estabilidad en el tiempo y no agresión al cemento ni sus propiedades.



Figura II.10b Áridos procedentes de la trituración de vidrios

Los áridos procedentes de la trituración de vidrios de colores vistosos son de procedencia china, siendo algunos de ellos tintados. No es recomendable la utilización de áridos tintados pues pueden mermar las propiedades del hormigón. Los áridos procedentes de vidrio de producción nacional son de trituración de botellas (sin tintes y mejor calidad). Pueden encontrarse en tonos marrones obtenidos de botellas de cerveza, en tonos oscuros de vino, y también transparentes, incluso obtenidos de la trituración de espejos.

La no incorporación de tintes de origen desconocido garantiza la estabilidad de la mezcla. La incorporación de árido de vidrio a la dosificación permitirá obtener brillos en la escultura, pero en granulometría superior a dos milímetros puede cortar al tacto; más aún si posteriormente se le ha aplicado un tratamiento al ácido o se le ha dado un chorro de arena, en cuyo caso aflorarán más las esquirlas de vidrio.



Figura II.11 Almacenamiento de áridos por división de colores y granulometría en PREHORQUISA, Segovia.

II-4 El agua.

El agua es un elemento fundamental en la realización del hormigón, dado que sin ella deviene imposible la reacción del fraguado y su endurecimiento; también es la responsable de la fluidez de la pasta.

El agua no debe aportar agentes agresivos que puedan perjudicar la reacción química del conglomerante, ni tampoco es conveniente que sea un agua pura pues puede llevar a la disolución de las sales del cemento. Para la realización del hormigón es suficiente y recomendable utilizar agua potable, siendo además la más asequible; por supuesto, se puede utilizar de fuentes previo análisis de las mismas.

También es factible el uso de agua de mar, si bien tiene el inconveniente de aportar posteriormente eflorescencias, por lo que no resulta recomendable y, menos aún, si el hormigón es armado, en cuyo caso dañaría la armadura y aceleraría el proceso de corrosión.

La relación en peso de una dosificación normal es de una parte de agua por dos de cemento; esta relación variará dependiendo de la cantidad de agua que aporte el árido⁷. Conviene enfatizar desde este momento la enorme importancia del proceso de hidratación. Más adelante veremos cómo se debe mantener constante la aportación de humedad, si se requiere, para no parar el proceso de endurecimiento.

⁷ Para ver la cantidad de agua que se le aporta a la mezcla habrá de hacer ensayos de consistencia de la masa como el de mesa de sacudidas y el *cono de Abrams*, que se verán en apartados posteriores.

II-5. Otras cargas y armado.

II-5.1 Adiciones

Se denominan adiciones a todas aquellas sustancias inorgánicas y en polvo que complementan a los aglomerantes del hormigón. Estos complementos tienen un porcentaje considerable y deben de ser tomados en cuenta en la dosificación.

Estos elementos están normalizados, dependiendo de sus propiedades y su composición, están regulados por la normativa europea en dos tipos (I y II)⁸.

Los del tipo I son aquellos que no poseen propiedades hidráulicas pero pueden contribuir a dar mayor resistencia, como es el caso de polvos de roca. En este grupo, los componentes más relevantes desde el plano escultórico son los *pigmentos*. En el mercado existe gran variedad de pigmentos destinados al hormigón pero también podemos utilizar algunos de los que ya se emplean para Bellas Artes. Deben utilizarse óxidos de metales y evitar sulfatos y sales que puedan reaccionar y provocar el no endurecimiento de la pieza. De igual modo, es recomendable la utilización de pigmentos para hormigón ya testados por marcas para la construcción; si no es el caso, se deberían hacer pruebas previas a la realización de la pieza. También existen en el mercado pigmentos líquidos que añadidos al agua, son muy efectivos y económicos.

Cuando se pigmenta una pieza debe intentar realizarse de una misma amasada para que el color sea uniforme; si se optara por realizar en distintas tongadas se debe dosificar minuciosamente para que no se produzcan cambios de tonalidad. Es muy recomendable dejar reservada una porción seca de la amasada para el supuesto de tener que repasar después de desencofrar.

Si lo que se pretende en la pieza es conseguir un color determinado, se deberán realizar previamente varias dosificaciones diferentes con distintos porcentajes de pigmento y árido, y esperar a que fragüe y seque, dado que el color se apaga muchísimo una vez secado el hormigón con el consiguiente desengaño del artista⁹.

Los del tipo II son aquellos que modifican las propiedades de la mezcla en su estado fluido y en su fraguado. Dentro de las adiciones de tipo II encontramos distintas clases, que se exponen a continuación.

⁸ La norma que establece los distintos tipos de aditivos es la UNE-EN 934-2. Para más información acerca de los aditivos del hormigón se puede acudir al libro: FERNÁNDEZ C, Manuel, (2006) *Hormigón*. Madrid: CICCIP, 7ª edición, páginas 179 a 207.

⁹ Dentro del capítulo III en el apartado III-3 *Color en el hormigón base*, se desarrolla el tema del color en el hormigón.

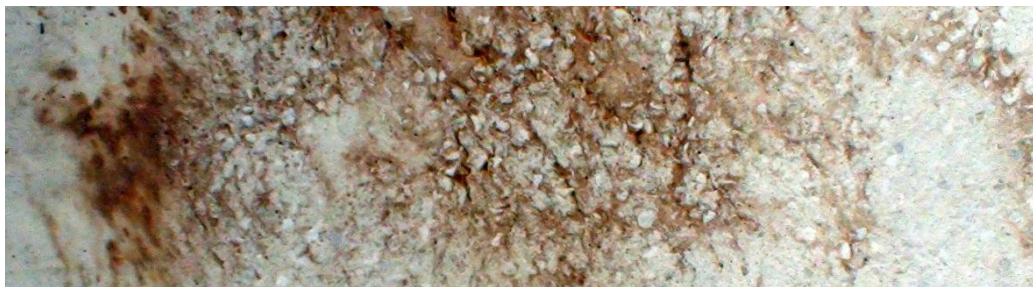


Figura II.12 Ejemplo de hormigón con pigmentos dispuestos aleatoriamente en el encofrado.

Aditivos. Son sustancias químicas en su mayoría líquidas que se aportan en la mezcla para potenciar alguna de las propiedades del hormigón; debido a su alta eficacia basta con aportar pequeñas cantidades por lo que no han de ser tomadas en consideración en el cálculo de dosificación¹⁰. Su función está dirigida primordialmente a mejorar las propiedades antes del fraguado en estado fresco y no mermando las propiedades una vez haya endurecido.

Retardantes. Son aquellos aditivos que retardan el endurecimiento de la masa y es conveniente utilizar retardadores homologados que se sirven en almacenes de construcción. De fábrica los cementos ya les son añadidos retardantes como el sulfato cálcico de los yesos dado que su endurecimiento comienza a las cinco horas de su mezcla.

No se deben mezclar yesos o escayolas con los cementos pues pueden mermar sus propiedades mecánicas y no es recomendable utilizarlos cuando la pieza está armada al poder dañar el acero y también provocar posibles eflorescencias.

Un ejemplo del uso de retardantes en la ejecución de esculturas es que si las realizamos de gran tamaño y queremos hormigonar de una sola vez para evitar que las distintas lechadas o tongadas que se van vertiendo queden desligadas y puedan aparecer líneas o *juntas de lechada*, es necesario que su fraguado pueda coincidir, vibrarlo en conjunto y hacer que desaparezcan las *juntas de lechada*¹¹.

Aceleradores. Existen también compuestos químicos homologados para acelerar los procesos, pero existen también procedimientos de aceleración que no precisan tales componentes. Así, se puede acelerar el proceso si el agua que utilizamos está caliente; también puede acelerarse el proceso de endurecimiento utilizando el agua justa o bien espolvoreando cemento dentro del encofrado para que éste absorba la humedad sobrante y retirando los posibles grumos que aparezcan antes de verter la pasta del hormigón. Son utilizados en escultura siempre que se

¹⁰ Dentro del capítulo III se desarrolla el tema de los aditivos con sus nuevas aportaciones tecnológicas.

¹¹ En el capítulo V de patología se desarrolla el tema para evitar marcas por distintas lechadas en la ejecución del hormigón.

necesite desencofrar rápidamente la pieza. Dentro de los prontuarios de las distintas marcas de los mismos se indican las cantidades a agregar y los tiempos de fraguado¹².

Fluidificantes. Son sustancias cuya función es mejorar la fluidez del hormigón fresco. En escultura resulta fundamental a los efectos de evitar huecos o coqueras, que el hormigón fresco sea fluido y pueda entrar en todos los intersticios de la pieza. Una manera de hacer el hormigón más fluido es echarle más agua, pero conlleva el riesgo de que el hormigón resulte más pobre y segregado si el agua se aporta en exceso. También la utilización de áridos finos facilita la fluidez.

Utilizaremos este tipo de aditivos para piezas con mucho armado, con partes finas o estrechas y aquellos que dentro de su dosificación aparezcan áridos superiores a 4cm, Este tipo de aditivos mejoran mucho el registro.

Estabilizantes. Son aditivos que evitan la segregación de los áridos. Esta segregación puede ser producida si el vertido del hormigón se realiza desde una altura considerable produciendo una decantación de los áridos más grandes y segregación de estos.

Utilizaremos este tipo de aditivos si tenemos la boca de entrada del material fluido a una altura superior a dos metros y áridos con diámetros superiores a 5 cm.

Aireantes o anticongelantes. Ante todo, no se debe hormigonar con temperaturas bajo cero, pues si se cristaliza el agua, el hormigón no endurece y se romperá la reacción. En todo caso, en el periodo de fraguado se puede recurrir a este tipo de compuestos para evitar males mayores; aun así, es importante tener presente que estos compuestos no garantizan su función en pleno si las temperaturas son excesivamente bajas. Se llaman también aireantes, pues producen unas microburbujas que ayudan a la no descomposición del hormigón cuando éste se congela.

Utilizaremos este tipo de aditivos en tiempos de hormigonado y fraguado fríos y para piezas que vayan a ser expuestas en lugares donde se registren bajas temperaturas.



Figura II.13 Distintos tipos de presentación y envasado de aditivos para el hormigón, líquidos, en polvo, aerosoles, etc. En este caso, de la casa Sika.

¹²Para saber si un hormigón ha endurecido necesitaremos realizar algún tipo de ensayo. Lo más habitual es utilizar un esclerómetro como se detalla en el capítulo IV y sabremos si ha adquirido la pieza la dureza suficiente. Como no es habitual la tenencia de este tipo de utensilios, se recomienda mantener los tiempos habituales de fraguado y desencofrado que más adelante se enuncian en este mismo capítulo.

II-5.2 Armado

Como es de todos sabido, el hormigón no trabaja a tracción, sino tan solo un 10% de su resistencia a compresión, incluso pueden presentarse roturas espontáneas a menor carga, por lo que a efectos de cálculo se toma como nula su resistencia a tracción.¹³

La unión entre acero y el hormigón es muy buena. Los dos materiales presentan un índice de dilatación muy parecido y la adherencia entre ambos es formidable. Las barras de acero no necesitan ser soldadas para prolongarse. Con una adherencia tan buena, bastará un buen solape de las mismas para que entre el hormigón y el acero se repartan la carga. El solape mínimo será de 40 diámetros de la barra y no deberá colocarse en zonas de máxima carga¹⁴.

Para realizar el cálculo de armado hay que incluir en la sección sometida a tracción la suficiente sección de acero para resistir el esfuerzo. Si la escultura es de proporciones considerables y está sometida a esfuerzos que no sean de compresión, el armado debe ser calculado por un técnico competente. El calculista nos proporcionará la distribución de las barras de acero y su cuantía.



Figura2.14 Javier Sauras, *La Llave del camino*. 1996.

¹³ Esta información se puede contrastar en JÜRGEN Mattheiss. (1980). *Hormigón armado, hormigón armado aligerado, hormigón pretensado*. Barcelona: Ed. Reverté S.A.

¹⁴ En el apartado II-6.1. *Armar el hormigón, colocación de las armaduras*, del capítulo II se explica cuales son los puntos donde podemos necesitar el armado de la pieza.

En la mayoría de los casos dentro de la escultura de hormigón macizo no es necesaria una posible armadura pues sus formas serán normalmente autoportantes.

La llave del Camino de Javier Sauras es un ejemplo de escultura que sí necesita ser armada. El nexo de unión entre la base y la masa elevada sufre a efectos de flexión¹⁵, pues la masa superior va atender al vuelco de la misma y la base, al estar anclada, no cederá a ello, luego la parte perjudicada será la sección fina de entre las dos. Para la ejecución de esta escultura el escultor Javier Sauras proporcionó el diseño y la maqueta de la pieza y se realizó un proyecto por parte de ingenieros para determinar el armado y el despiece del encofrado de la escultura.



Figura II.15 Distintos tipos de barras corrugadas de armado con diferentes secciones.

Las barras de acero corrugado¹⁶ deben estar bien colocadas dentro de la escultura y guardar el suficiente retranqueo del exterior. Ese aspecto es importante pues si el acero si no guarda un retranqueo de unos dos centímetros, puede entrar en contacto con la humedad o agentes externos y oxidarse, con la consiguiente aparición de consecuencias negativas como manchas de óxido, merma de sección, descascarillado de la superficie por la expansión de ese óxido o, por último, la rotura del mismo con el posible colapso de la pieza en el peor de los casos. Dicha distancia entre el exterior y la barra se denomina el **recubrimiento del hormigón**.

En hormigones de composición normal y a una exposición regular, ese recubrimiento debe estar entre 2 y 3 cm. No debe ser más espaciado pues puede dejar demasiada zona de hormigón expuesta a tracción y producirse rotura. Para separar la armadura del encofrado existen unas piezas llamadas *separadores*¹⁷. Normalmente, en las esculturas será difícil introducir esas varillas sin tocar el encofrado. Para evitar posibles riesgos, previamente al proceso del montaje del encofrado¹⁸ se debe estudiar y fabricar la armadura para poder incluirla en él sin tocarlo.

¹⁵ Dentro del capítulo V en el apartado V-2 *Fisuras* se realizan esquemas para el entendimiento de los distintos esfuerzos a los que puede ser sometido el hormigón.

¹⁶ Son barras con algo de textura en forma de surcos y caballones para aumentar la adherencia entre los dos materiales.

¹⁷ En el siguiente apartado se enuncian los distintos tipos de separadores existentes.

¹⁸ Siempre que el encofrado sea de un material que pueda ser dañado por el metal.

Todo el cálculo de realización de elementos de hormigón está regulado por las distintas normas nacionales. Esta normativa no sólo regula el cálculo de la cuantía y posición de las mismas sino también el diseño de los elementos y la elaboración de los mismos. El cálculo está siempre sobredimensionado con unos coeficientes de seguridad previniendo posibles fallos de algún elemento o la insuficiente previsión de resistencia. Estas normas regulan la cantidad de armado que se necesita para cada esfuerzo, el recubrimiento mínimo, la longitud de los solapes, las longitudes de anclaje, así como el radio mínimo de doblado para cada una de las secciones de barra, pues si una barra es doblada excesivamente pueden aparecer grietas mermando su resistencia.



Figura II.16 Ejemplo de armado en doble cara, con separadores y anclaje para facilitar la extracción de la pieza del molde una vez fraguada.

El acero para el armado del hormigón viene en barras corrugadas de distintas secciones. El acero debe venir limpio, seco y sin grasa; no debe estar oxidado pero si la oxidación es leve puede ser utilizado estando alerta de que las barras no toquen el encofrado para no dejar posibles manchas marrones que posteriormente al desencofrar aparecerían y no se podrán quitar sin dañar la textura de la pieza. En la Figura II.16, se observa cómo la cara de la mesa encofrado, está grasa por el desencofrante y no así el armado que debe estar seco y libre de grasas. El desencofrante debe aplicarse siempre antes de la colocación de armaduras. En este capítulo en el apartado de moldes se desarrolla el tema.

Los diámetros normalmente utilizados en España son: 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30 y 35mm. Todos estos tipos de barras están regulados por las correspondientes normativas nacionales en sus composiciones químicas y cualidades físicas como tensiones de rotura a tracción y compresión, adherencia, dilataciones etc.

II-6 Procedimientos en la realización del hormigón anteriores al fraguado.

II-6.1. Armar el hormigón, colocación de las armaduras.

Como se ha comentado antes en el apartado de armado, todas aquellas piezas de formas aéreas deberán ser armadas con acero en el interior de ellas para evitar la rotura dado que el hormigón, como la mayoría de las piedras, tiene una resistencia a tracción baja y buena resistencia a compresión.¹⁹

Un ejemplo para entender en qué lugares hay que colocar las armaduras por posibles esfuerzos de tracción es el siguiente. Cuando rompemos una barra de pan con las manos arqueándola para que parta, la parte alta del arco es donde existe tracción y la zona que antes se partirá, la parte baja o cóncava del arco es donde existe la compresión y sería donde no haría falta ese armado. Así, será en la parte convexa, donde antes astilla, donde hay que realizar la incorporación de armadura. De este modo, debemos imaginar que las distintas partes de la escultura son flexibles y, según el esfuerzo que le apliquemos, determinaremos en qué zonas de ella están a tracción y en qué otras a compresión.

Otro ejemplo al que podemos acudir es el de la viga de hormigón. Si apoyamos una viga en sus extremos y en el centro colocamos un gran peso, la viga se curvará hacia abajo. En esta ocasión es en la cara baja de la viga y en su parte central donde existirá mayor esfuerzo a tracción y donde deberemos de colocar armadura. Ésta deberá ubicarse en el sentido de la viga más cercano a la cara de abajo, manteniendo la distancia de seguridad con la superficie para evitar corrosión.

En definitiva, teniendo en consideración el método de la simulación de que la pieza es flexible para entender cuáles de las distintas zonas de la pieza tienen esfuerzos de un tipo u otro, las barras metálicas se dispondrán en aquellas zonas que van a estar sometidas a esfuerzos de tracción pudiendo prescindir de ellas en aquellas zonas que sólo reciben esfuerzos de compresión dado que el mismo material podrá absorberlos.

Pero no sólo existen esfuerzos a tracción; también están los esfuerzos a torsión, flexión etc. De ellos se hablará en el tema de patologías donde se explica mediante gráficos su funcionamiento.

Si las piezas son aéreas y de gran porte deberemos ponernos en contacto con un calculista para que nos calcule la cantidad de barras y la posición de las mismas y evitar así posibles fisuras.

¹⁹ Esta información se puede contrastar en JÜRGEN Mattheiss. (1980). *Hormigón armado, hormigón armado aligerado, hormigón pretensado*. Barcelona: Ed. Reverté S.A.

Como la mayoría de los esfuerzos se concentran en la superficie de la pieza, lo normal es que la armadura acabe siendo una especie de jaula con la forma de la escultura a menor escala. Esto se realiza con mallazo estándar electro soldado, debiendo cortarse y montarse en piezas para generar la forma deseada.



Figura II.17 En la foto de la escultura de *La sirena varada* de Eduardo Chillida se aprecia ese armado en forma de jaula por no haber mantenido esa distancia de recubrimiento mínimo.

Un ejemplo de armado para una figura humana tamaño natural, sería similar al esqueleto metálico que realizamos para que nos sustente el barro del modelado, unas varillas de 80 a 100 milímetros de diámetro en el centro de la sección de las extremidades un par de ellas unidas a las anteriores en el eje de la columna vertebral, que lleguen a la mitad de la cabeza y en ejes de dedos sobresalientes con un alambre grueso galvanizado.

Pese a la humedad del hormigón, el acero dentro del hormigón no se oxida. Ello se debe a que en la reacción de fraguado del cemento en la superficie de las varas de acero que están en contacto se produce hidróxido férrico, formando una capa de protección a la barra que impide su oxidación. Por este motivo, las barras deben estar separadas de la superficie de la pieza un mínimo de dos centímetros para asegurarse que esta profilaxis adquirida con el hidróxido férrico surta efecto. Este fenómeno químico se denomina pasivación.

En otro orden de cosas, las armaduras nunca deben tocar la superficie del molde. Ello es así en atención a dos motivos: estéticos, por las oxidaciones, y funcionales, al perder su capacidad estructural.

Si al desencofrar aflora la armadura, su contacto con el exterior dará lugar a su oxidación, creando manchas en la superficie. Al permanecer en contacto con los agentes atmosféricos, continuará oxidándose y creará el descascarillamiento de las mismas, produciendo una presión en el hormigón periférico que hará desconcharse capas del mismo con su correspondiente pérdida de material.

Para evitar este tipo de situaciones existen unas piezas llamadas separadores que ya se han mencionado. Estos pueden ser:

Los de apoyo son unas piezas de forma de prisma piramidal cuya parte superior presenta una hendidura a modo de cuenca para apoyar la barra de acero.

Los separadores de altura que se insertan en las barras tienen distintas secciones centrales para poderse acoplar a las diferentes secciones de las barras estructurales.

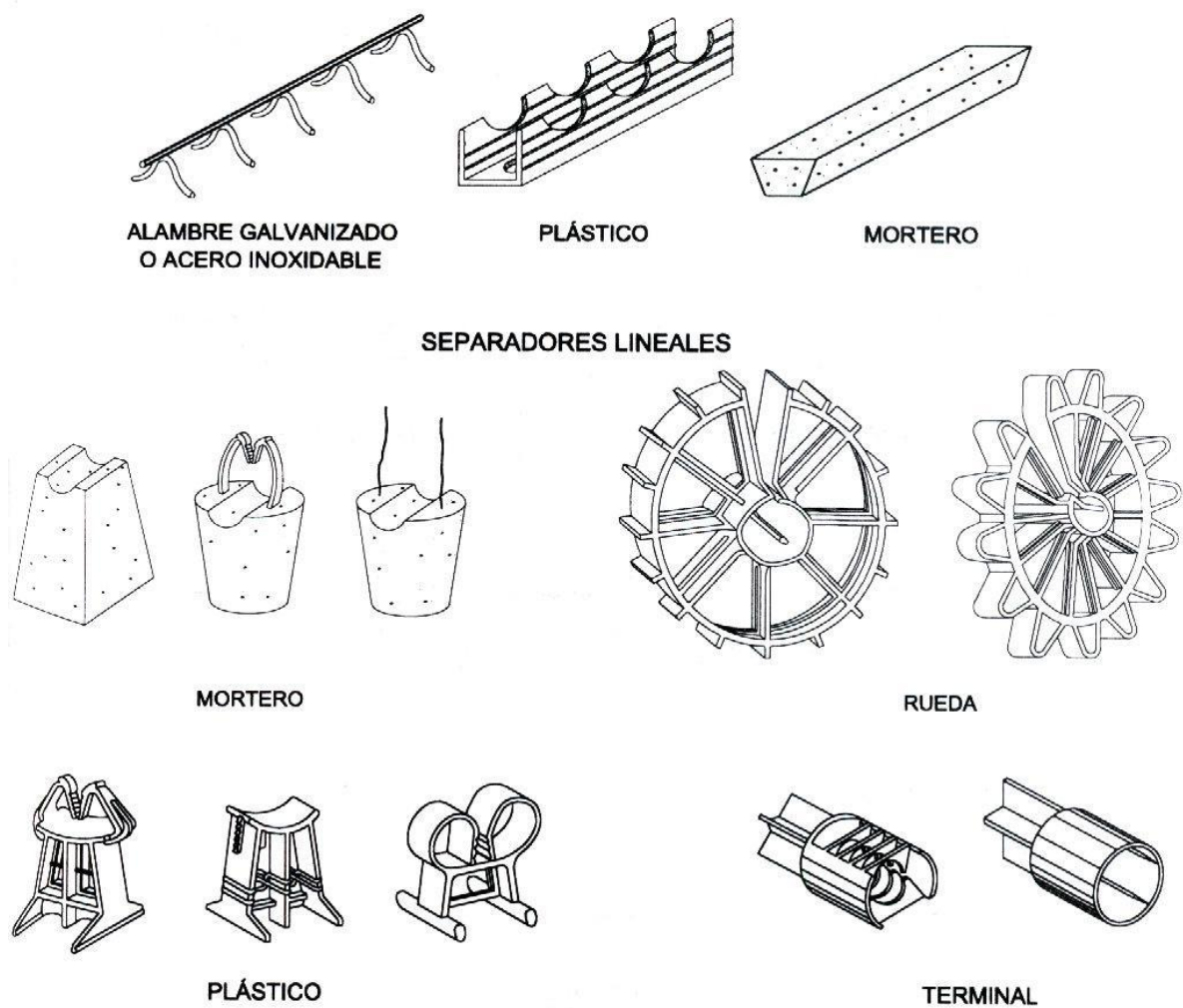


Figura II.19 Ejemplos de distintos tipos de separadores.

Como es lógico, el montaje de la estructura metálica deberá realizarse previamente al montaje del molde. Su diseño dependerá no sólo de su acción estructural sino también de su operatividad

a la hora del vertido y vibrado²⁰ debiendo dejar el espacio suficiente para poder permitir el paso a través de su malla del mortero para ser totalmente embebida en él. La malla de estructura de acero deberá permitir el paso del vibrador para facilitar su uso. A su vez, en el momento del montaje del molde y del vibrador se debe tener especial precaución para no mover el armado, tanto para que cumpla correctamente su función estructural como para que ninguna de las barras toque la superficie del molde y luego aflore en la escultura.

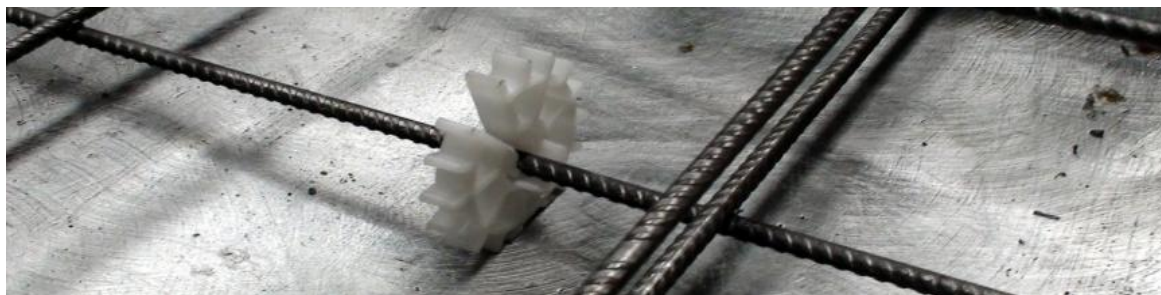


Figura II.18 Ejemplo de separador en rueda o estrella.

II-6.2 Dosificación

La dosificación de los distintos componentes del material es una operación fundamental en la elaboración de hormigones, para optimizar la resistencia, la economía y la compacidad del hormigón.²¹

En los principios de la utilización de la técnica las denominaciones de las dosificaciones venían dadas por dos cifras:

1:3, 1:4, 1:6.

La primera cifra (el uno) definía la parte de cemento y la siguiente cifra correspondía a la parte de árido que se le añadía al mortero.

Posteriormente, a estos parámetros se les añadía otra cifra más (1:2:4) para incluir la dosificación de la piedra o, mejor dicho, del árido grueso.

Las dosificaciones más habituales son:

1: n : 2n

1: n : 1(1/2)n

1: n : 2(1/2)n estando n entre 1 y 2.

²⁰ Estos dos aspectos se desarrollan posteriormente en este mismo capítulo.

²¹ Estos datos se pueden contrastar en GARCIA-BADELL, José Javier(2003), *Vademecum de estructuras: Guía para el calculista de estructuras: Hormigón armado, Madera, Metálica*. Madrid: Bellisco.

Otro factor importante en la dosificación es la cantidad de agua. A ésta la denominamos **r** y será la relación que existe entre la cantidad de agua en peso y la cantidad de cemento en peso.

El cuadro presentado es para el uso de morteros o pastas pequeñas y válido para piezas de mediano y pequeño tamaño que requieran detalles en su reproducción.²²

Tamaño de los áridos	Granos gruesos 3-7mm	Granos medianos 1-3mm	Granos finos 0,2-1mm	Polvo 0a0.2mm	Total
----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	---------------	-------

Porcentaje

Apropiada para todo tipo de cementos	40	36	12	12	100
Utilizable para morteros de cal.	25	35	22	18	100
Utilizables para morteros de cemento.	0	30	45	25	100
Demasiado fina, inutilizable	0	0	65	35	100

Figura II.20 Cuadro de dosificaciones

Composición granulométrica de los áridos

Para realizar un análisis granulométrico de los áridos se les debe hacer pasar a través de distintos tamices para comprobar la cantidad de árido en los distintos grosores. Existen distintos métodos para analizar las resistencias dependiendo de las dosificaciones. Encontramos, por

²² Cuadro reproducido de LADE-WINKLER, (1960) *Yesería y estuco*, Barcelona: Gustavo Gili.

ejemplo, los métodos de Fuller, Bolomey, Abrams y Féret, que establecen distintas formulas de optimización de dosificaciones.²³

Para la realización de piezas de pequeño tamaño no conviene la utilización de áridos de gran porte; se recomienda, así, la utilización de áridos no superiores a 7mm dando una textura más homogénea y facilitando la trabajabilidad. En cambio, para la realización de esculturas monumentales de gran porte, en aras a maximizar el aspecto económico y dada su compleja realización en grandes volúmenes, es preferible solicitar el hormigón en fábrica y que nos lo aporten en obra ya dispuesto para verter o bombear concretando antes con la fábrica el tipo de hormigón final requerido, trabajabilidad del mismo, etc.

La relación entre agua y cemento es importantísima para hacer posible la reacción del cemento. la relación mínima entre ambos debe ser de un 25% a un 30%. De esta cantidad de agua proporcionada solo influirá en el proceso de fraguado entre el 13% y el 16%; el resto se quedará en los poros.

Es muy importante tener en cuenta el grado de humedad de los áridos dado que superar el 30% de relación entre agua y cemento reduciría la resistencia del hormigón.

En escultura, la relación entre árido y cemento suele ser entre 1:2 a 1:3. No es recomendable utilizar cemento solo, libre de árido, por posibles problemas de retracción, ni lo contrario, hormigones magros, de relación 1:7, tampoco se debe, si su utilización es para exterior por su baja resistencia.

II-6.3 Mezclado de la masa y el vertido dentro del molde o encofrado

Dentro de la realización de la escultura en hormigón, comenzamos una de las fases más importantes. No se debe dejar nada para la improvisación. El hormigón tiene unos tiempos de fraguado y todo debe estar bien preparado y estudiado: aplicar desencofrante, apuntalar bien el molde pues el centro de gravedad puede variar una vez vertida la masa y producir posibles vuelcos, unión y fijación de las distintas placas del molde para evitar fugas o desmoronamientos, buen colocado de armaduras, etc. Cualquier fallo en alguno de los aspectos anteriores puede llevar al traste la operación, por lo que se recomienda tranquilidad y concentración.

Una vez bien mezclado el árido con el cemento mediante palas, mezcladoras u hormigoneras tradicionales hasta que tome un tono uniforme, se añade el agua en pequeñas cantidades, paulatinamente hasta conseguir la plasticidad con la cantidad mínima

²³ Estos datos se pueden contrastar en GARCIA-BADELL, José Javier(2003), *Vademecum de estructuras: Guía para el calculista de estructuras: Hormigón armado, Madera, Metálica*. Madrid: Bellisco y SALAGER J.L. (2007).*Granulometría teórica*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes. Cuaderno FIRP S554-A.

necesaria; continuamos mezclando hasta que la tonalidad de la plasta y la plasticidad sea uniforme. Una vez terminado este proceso se verterá en el molde.

La mezcla se puede realizar de distintas maneras dependiendo de la cantidad de masa que se requiera: Para **pequeñas cantidades** se puede realizar en un cubo con mezcladora eléctrica, como el ejemplo de la Figura II.21, o bien en el suelo, mejor sobre una plancha o plástico para no perder humedad con el mismo y no contaminar la mezcla. Se realizará con el material en una especie de montaña en cuya cúspide realizaremos un pequeño cráter, y en el que verteremos el agua. Una vez realizado dispondremos a echar de los laterales a la zona del cráter más mezcla y posteriormente se batirá todo con la pala hasta que quede homogéneo y sin grumos de sequedad ni tonalidades diferentes.



Figura II.21 Ejemplo de mezcladora para formato pequeño realizada con un taladro, en este caso de la marca *Bosch*.

Una relación cemento agua normal sería $R = \text{agua/cemento} = 0.50$. kgr/kgr. Se puede bajar reduciendo coqueras con plastificantes. Siempre dependemos de la humedad que tenga el árido, si el árido está muy mojado necesitaremos menos agua.

Para **volúmenes intermedios** podemos utilizar hormigoneras pequeñas. Éstas existen desde volúmenes de cincuenta litros en adelante.



Figura II.22 Hormigonera *Syntesi* de 250 litros de capacidad.

Para mezcladoras de un metro de diámetro de eje vertical, la mezcla se realiza aproximadamente con ocho vueltas con un tiempo total de medio minuto. Para mezcladora de eje horizontal, un tiempo total de un minuto en el que dará un total de veinte vueltas. Y para las hormigoneras habituales caseras de eje inclinado con un metro de diámetro, un total de cuarenta vueltas realizadas en 2 minutos.

Cuando la pieza sea de **más de dos metros cúbicos de masa** nos puede ser conveniente que el hormigón nos lo sirvan de una central cercana. Es necesario hacer una prueba con ellos antes del porte para ver el color definitivo, dureza...También es factible alquilar maquinaria más grande y realizarlo *in situ*.



Figura II.23 Ejemplo de camión hormigonera aportando el hormigón *in situ*.

Una vez realizada la mezcla debe verterse en el molde evitando el transporte del mismo salvo en hormigonera en movimiento. El transporte del mortero sin batirse hace que las piedras más pesadas se decanten al fondo limpias de cemento, quedando en la parte superior de la carretilla o cubo la lechada de cemento, por lo que se recomienda que el mortero se realice *in situ* junto al molde, o bien en fábrica y transportado en camión hormigonera²⁴. En cualquier caso, si por alguna circunstancia se tiene que transportar, es preciso volver a amasar el hormigón antes del vertido.

El vertido se puede realizar de diferentes maneras, bien mecánicamente con bombas de hormigón, bien manualmente. Las bombas de hormigón se requieren principalmente si la boca del molde de la pieza está en altura o es de difícil acceso; se le añade el hormigón por una tolva de acceso y se traslada mediante una manguera gruesa. El vertido manual se hace directamente desde la hormigonera o bien se hace una especie de canaleta que conduce la pasta directamente al lugar que se requiere dentro de la pieza. Este vertido no debe hacerse desde altura. Desde la

²⁴ Mediante camiones hormigonera se sirve el hormigón *in situ*. Antes de alquilar maquinaria, si la cantidad de hormigón que necesitamos es elevada, conviene que nos sea suministrado por fábrica a la cual podremos solicitar una dosificación concreta.

zona de vertido a la zona de impacto no debe haber más de un metro y no es conveniente su paleo a mano.

El hormigón se echará por capas de diez a veinte centímetros aproximadamente y seguidamente se aprisionará para que penetre bien en todos los huecos, esta operación es importantísima dado que con ello se evita la formación de *coqueras*, zonas de aire dentro de la masa que hay que evitar (si se desea). Las coqueras aparecen siempre que el hormigón sea seco, esté mal mezclado, que la armadura interior del mismo sea muy complicada, por un mal vertido o la falta de vibrado.

Las coqueras tienen un triple efecto negativo. En primer lugar, disminuyen la sección de la pieza haciéndola más débil; en segundo lugar, esas cavernas de aire que quedan son un potencial depósito de humedad que puede deteriorar las armaduras o, tras la congelación del agua introducida, provocar graves patologías posteriores; y en tercer lugar, si la coquera aparece en el borde exterior al desencofrar el hueco será visible, lo que perjudicará el acabado estético de la pieza.

El aprisionado del hormigón se puede realizar de distintas maneras. Con una barra llamada pata de cabra de unos 1,5 a 1,8 cm de diámetro de sección que se introduce en el molde forzando a que el hormigón penetre en todas las direcciones del molde. Posteriormente con un pistón de hierro formado por una barra de hierro y en su extremo una placa metálica de unos 20 por 20 centímetros dando golpes fuertes a la pasta para que penetre por todo el volumen de la pieza.

II-6. 4 Vibrado

Una técnica muy recomendable para evitar la aparición de coqueras y que resulta más eficaz que el aprisionado a mano es el **vibrado del hormigón**. Con la vibración sometemos la masa del hormigón a sacudidas a alta frecuencia durante un determinado periodo de tiempo.²⁵

La operación de vibrado se realizará entre 10 y 30 segundos dependiendo de la densidad del hormigón y la frecuencia del vibrado. Cuando sometemos la masa a esta vibración comienzan a aparecer en su superficie las pompas de aire de las burbujas que existían en la masa. Una vez se aprecie que cesan de aparecer burbujas de aire debe concluirse el vibrado; un vibrado excesivo puede hacer flocular las piedras más pesadas al fondo del molde, dejando la lechada en la superficie.

²⁵ Esta información se puede contrastar en PERLES, Pedro. (2003) *Hormigón Armado*. Buenos Aires: Nobuko



Figura II.24 Punta de un vibrador interno



Figuras II.25 y 26 Vista completa de un vibrador interno con manguera y vibradores *Neumac* de alta frecuencia.

El vibrador no debe repetir la posición una vez cambiada la misma y debe realizarse recién vertido el hormigón.

La vibración se puede realizar de tres maneras:

Vibración interior. Se lleva a cabo mediante una cabeza vibrante alargada unida a una manguera de transmisión elástica procedente del rotor. Esta cabeza se sumerge dentro de la masa, sacándola y metiéndola constantemente en los distintos espacios de la pieza.



Figura II.27 Vibradores externos para el encofrado.

Vibradores externos. Los vibradores externos se colocan en la superficie de los moldes o encofrados transmitiendo a la masa desde fuera la vibración, haciendo subir las burbujas. Este tipo de vibración puede generar sacudidas muy fuertes, llegando a romper el molde. Por ello, es recomendable realizar pruebas antes de hormigonar el mismo.

Vibración superficial. La vibración superficial consiste en la utilización de planchas con cantos elevados similares a las tablas de esquí en todo su perímetro. Este tipo de vibradores está diseñado para grandes superficies planas o losas y se practica solo en su cara superior.



Figuras II.28 y 2.29 Dos ejemplos de vibradores superficiales uno manual y otro para superficies horizontales.

Según la experiencia de esta técnica, la vibración mejora sustancialmente prácticamente todas las propiedades del hormigón salvo el color que no varía, mejorando su resistencia a

compresión, flexión, tracción, resistencia al desgaste a la acción de agentes atmosféricos, la contracción de volumen (retracción), disminuye el tiempo de moldeo, etc.

Una característica fundamental en este estado de la realización de esculturas de hormigón es la plasticidad y consistencia del mismo. Para una correcta reproducción del molde una plasticidad excesiva o fluida puede llevar a una gran calidad en la adaptación al encofrado pero disminuye la resistencia del mismo y aumenta la posibilidad de fugas de la pasta por el encofrado, mientras que una consistencia seca puede generar coqueras y mala adaptabilidad al molde.

Para esculturas pequeñas en volumen se pueden dar golpes directamente al molde con una maza de elastómero con cuidado de no romper el molde, se verá que van apareciendo burbujas en la boca de entrada del vertido. Si es un relieve daremos los golpes en la mesa de apoyo y una vez dados los golpes, si ha bajado el nivel de hormigón líquido por la salida de aire de su volumen, rellenaremos con más hormigón.

II-6.5 Comprobaciones básicas

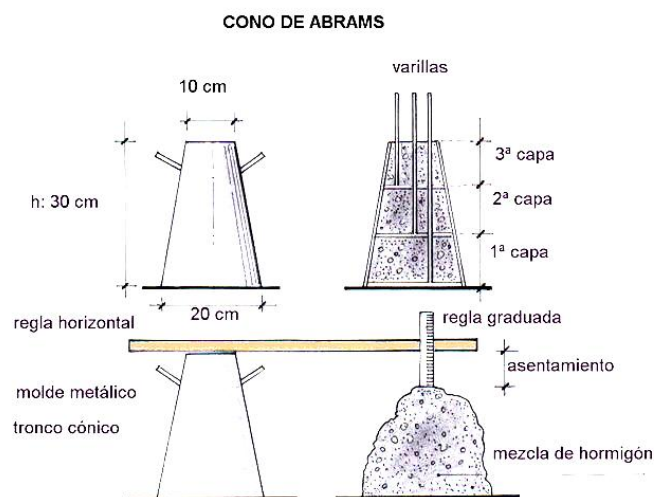


Figura II.30 Esquema de *Cono de Abrams*

Para poder comprobar el grado de plasticidad se realiza un sencillo ensayo *in situ* mediante el *Cono de Abrams*. Tan solo hay que verter en un molde en forma de tronco cono homologado una cantidad de la pasta de hormigón, introducir después una varilla tantas veces y a la profundidad que el cono indique, e inmediatamente retirarlo verticalmente de tal manera que la masa desciende, dependiendo del descenso de la masa, podemos considerar que la masa es de consistencia seca, plástica, blanda o fluida.²⁶

²⁶ Estos datos se pueden contrastar en GARCIA-BADELL, José Javier(2003), *Vademecum de estructuras: Guía para el calculista de estructuras: Hormigón armado, Madera, Metálica*. Madrid: Bellisco.

En nuestro caso es preferible que la masa sea blanda o fluida para que registre bien en el molde dado que nuestras piezas normalmente no serán estructurales.



Figura II.31 Cono de Abrams con todos sus elementos: el molde troncocónico, un asa y la plancha de sujeción.



Figura II.32 Llenado del cono



Figura II.33 Medición

Para piezas complicadas se pueden utilizar hormigones autocompactantes que incluso no requieren ningún tipo de vibración, nivelándose por sí solos y eliminando cualquier burbuja de aire que exista en su interior.

El hormigón más útil para el trabajo de escultura habrá de ser muy fluido, de modo que pueda penetrar por todos los rincones y entresijos del molde de la escultura. Para conseguir ese tipo de hormigón tenemos varias opciones. La primera pasa por añadir más agua, pero tenemos en contra que puedan aparecer burbujas por exceso de agua, surgir retroacción aumentando la posibilidad de fisuras y mermar la resistencia. Podemos aumentar la trabajabilidad y fluidez con una buena dosificación y aumentando los áridos finos, pero la manera más adecuada de mejorar esta cualidad es la aportación de aditivos fluidificantes y superfluidificantes.

La manera de comprobar que un hormigón es fluido o no, más sencilla, es con el ensayo de la mesa de sacudidas.



Figura II.34 Mesa de sacudidas para el ensayo de trabajabilidad del hormigón, con cono de llenado pistón de compactación y manivela de sacudidas.

El ensayo es sencillo. Se llena el cono con la pasta a estudiar, se compacta con el pistón un número determinado de veces que exija el manual de la mesa, se enrasa la parte superior del cono sin presionar y se sacude la mesa un número de veces (quince normalmente aunque vendrá determinado por el tipo de mesa). Después se retira el cono verticalmente, cuando para de expandirse el fluido, se mide el diámetro medio de la pasta; comparándola con la tabla de medidas de la mesa nos dirá si la consistencia es seca, plástica, blanda, muy blanda, fluida o muy fluida. No sobra recordar que para nuestro trabajo escultórico necesitamos normalmente que la consistencia sea fluida o muy fluida, siempre que lo que se pretenda sea un hormigón que registre bien. No obstante, si se requiere un hormigón más tosco, con posibilidad de coqueas y de quedarse zonas sin registro, se realizará un hormigón más seco y poco fluido.

II-6.6 Moldes y encofrados.

Los moldes y encofrados de las esculturas dependen significativamente de la forma de la pieza, la textura de la obra en su terminación y si serán reutilizables para series o no. Los encofrados deberán tener la forma concreta para que el hormigón que alojen adquiera la forma correcta tras su desencofrado.²⁷

²⁷ Esta información se puede contrastar en SOMAVILLA, Juan. (2005) *Encofrados*. Barcelona: Ceac técnico.

Todos los moldes deben de estar diseñados con una o varias tolvas de acceso de la masa para facilitar la introducción de vibradores -o apisonadores en su caso- y el vertido. En aquellos moldes que existan zonas en que con una sola apertura de acceso no se pueda introducir bien el hormigón, se deberán realizar tantas aperturas de acceso como sean necesarias. Por otra parte, si estas tolvas de entrada están a distinta altura existe la posibilidad de desborde por ellas en el proceso de llenado, por lo que deberán estar diseñadas de tal manera que, cuando el nivel de mortero llegue a su altura y comience a desbordar, puedan ser cerradas, o bien hacer una tolva de entrada a modo de chimenea o bebedero en el proceso de fundición.

Los moldes deben ser estancos para evitar fugas de mortero o lechada, y que con posterioridad al desmoldado aparezca el efecto de las chinias lavadas²⁸.

Los moldes serán lo suficientemente rígidos para resistir las acciones de los empujes y asientos sin que se realicen deformaciones pudiendo soportar el peso de los mismos del personal en la ejecución y aparatos para su vibrado, etc.

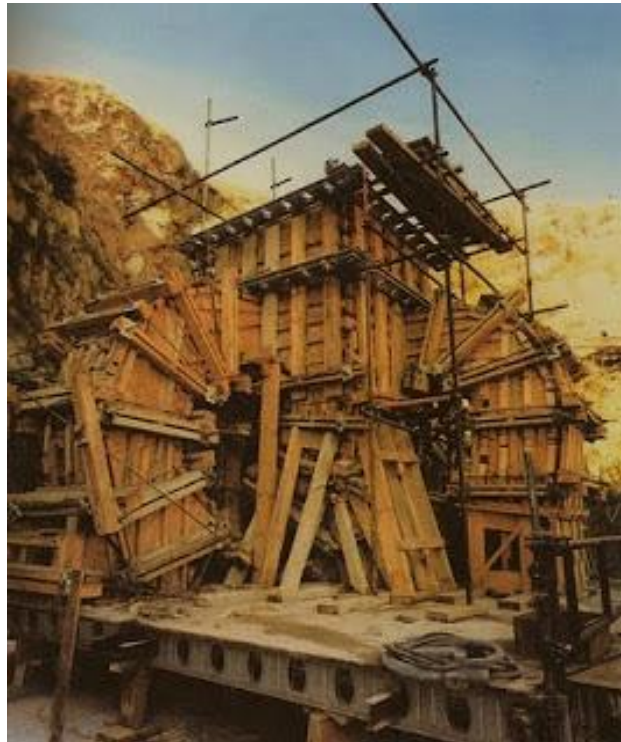


Figura II.35 Eduardo Chillida Encofrado del *Elogio del Agua*, 1987.

Los encofrados pueden ser de distintos materiales como madera, hierro o plástico, pero **nunca** se debe utilizar el aluminio como encofrado directo, ya que este material puede reaccionar con la masa e impedir el fraguado. Los moldes de madera son los más utilizados

²⁸ Ese efecto de las chinias lavadas se refiere a la siguiente situación. Cuando se produce una fuga de un encofrado, por ella se va principalmente el agua sobrante que arrastra finos y cemento dejando el árido más grueso que no ha podido salir o no ha sido arrastrado. Cuando fragua y desencoframos aparece un hueco con áridos gruesos a la vista.

habitualmente por ser un material económicamente viable. El tipo de madera más habitual es el pino al ser una madera especialmente barata resistente y que da una textura impresa muy característica; pero también pueden utilizarse planchas de aglomerados y contrachapados para superficies planas, en cuyo caso hay que tener una especial atención a que dichas planchas trabajan mal a flexión y hay que rigidizarlas previamente mediante bastidores para evitar posibles deformaciones.

En los vértices, los tablones se deben colocar a tope, nunca uniones a vértices. Si se unen mediante clavos los encofradores normalmente no clavan hasta el fondo dejando la cabeza un poco al descubierto para facilitar su desencofrado posterior evitando dañar la pieza.



Figura II.36 Uniones a vértice y a tope. No colocar tableros a vértice por existir riesgo de fuga del material.

Un ejemplo de encofrado de gran complejidad realizado en madera es el de la pieza *Elogio del agua* de Eduardo Chillida, -Figura II.35- altamente arriostrado para soportar los empujes del material. Se aprecia cómo en los brazos de la pieza se han colocado, aproximadamente cada 40 cm, unos tirantes exteriores para contrarrestar el empuje que realizarán los paramentos una vez vertido el relleno interior. Chillida realizaba las esculturas en escala natural en poliestireno expandido los encofradores generaban el encofrado encima del poliestireno expandido para luego desmontarlo y montarlo otra vez en la ubicación definitiva, donde se hormigona.²⁹ El mismo Chillida se dejó aconsejar por el ingeniero José Fernández Ordoñez para el cálculo de los encofrados y del armado de sus piezas.

Dado que el hormigón tiene un peso específico entre 1200Kgr/m^3 y 2600kg/m^3 dependiendo del tipo de árido utilizado, consideraremos para cálculo del mismo un peso específico de 2400kg/m^3 , siempre y cuando no sepamos que su composición lo supera. Un ejemplo sería cuando utilizásemos en grandes cantidades virutas de metal; este peso hace que la masa del hormigón al ser vertido ejerza una presión importante en las paredes del molde por lo

²⁹ Dentro del apartado que se dedica a las obras de *Chillida, Eduardo* en el capítulo VI, se ofrece una gran información gráfica sobre cómo realizar encofrados de madera para grandes esculturas.

que debe tenerse muy en cuenta en la realización de los encofrados. Para evitar la apertura de las distintas planchas de los moldes se deberá instalar todas aquellas cinchas, tirantes exteriores o gatos que sean necesarios para evitar la destrucción parcial o total del molde en el vertido de hormigón.

También se puede evitar el empuje del hormigón mediante la colocación de tirantes internos que quedan perdidos en el interior de la pieza una vez fraguado. Este tipo de tirantes, de acero o alambre, son de gran utilidad y rendimiento pero tienen el inconveniente de que al quedarse embutidos su parte exterior puede oxidarse y crear manchas en la superficie de la pieza en un futuro. Para evitar este tipo de manchas se pueden utilizar tirantes de fibra de carbono o similares.

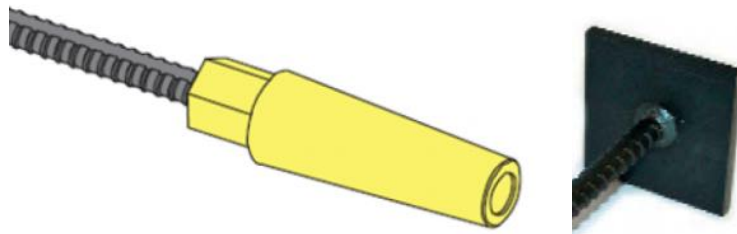


Figura II.37 Detalles de tirantes interiores, recuperable y perdido.

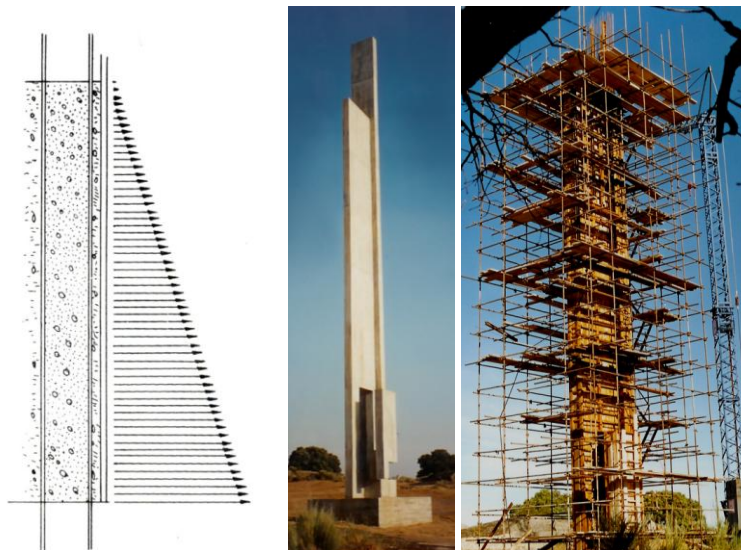


Figura II.38 y 39 Esquema de diagrama presión de empuje del hormigón al encofrado en su estado líquido y un ejemplo de escultura de Ángel Mateos de gran altura- Obelisco, 1994- donde el encofrado debe estar diseñado para resistir el empuje por la presión del hormigón dispuesto en altura.

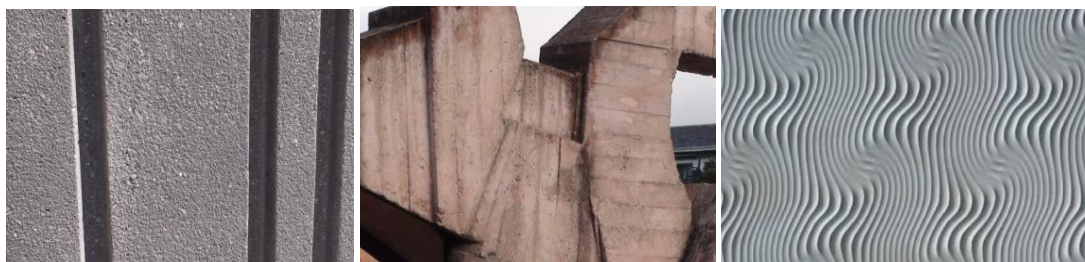
Como hemos ya afirmado, el empuje que ejerce el hormigón en las paredes del encofrado es muy importante y debe de ser considerado en la realización de los mismos según el teorema fundamental de la hidrostática: "La presión hidrostática que existe en un punto sumergido de un

fluido es igual al peso específico de dicho elemento por la distancia a la superficie"³⁰. Al estar hablando en este caso de una pasta más bien que un fluido que se está fraguando y endureciendo desde el inicio, el teorema no se cumple en su totalidad; así, según estudios realizados, en la práctica se ha podido comprobar que existe una progresión del empuje hasta una profundidad de 2.2m y a partir de ahí es constante, con una presión de 4.5t/m².

Normalmente las tongadas de vertido son de 40 cm máximo para poder realizar un buen vibrado de las mismas y eso va dando oportunidad al endurecido de las tongadas anteriores por lo que el empuje en profundidad se va reduciendo; habría que tener cuidado en esculturas verticales hormigonadas rápidamente con un empuje excesivo en su parte inferior. Un ejemplo de ello son las esculturas de Angel Mateos -Figuras II.38 y 39- con encofrados altamente arriostrados en su parte inferior donde se deben de instalar tirantes, bien interiores como los que se reproducen en la imagen posterior o bien exteriores como los que se podían apreciar en la imagen anterior del encofrado de la escultura de Eduardo Chillida "*Elogio del agua*". (Figura II.35).

Si se emplean moldes de materiales porosos como puede ser la escayola o la madera, deben de ser humedecidos previamente a ser rellenados para no disminuir la cantidad de agua de la mezcla. Verter el hormigón sobre moldes secos puede llevar a problemas de retracción piel de la pieza, generando fisuras o un mal fraguado en su parte exterior, dando lugar a la disgregación o arenizado del hormigón en su envolvente.

Para los moldes a molde perdido se puede utilizar bien madera bien escayola, para que una vez fraguado el cemento puedan ser destruidos en su totalidad.



Figuras II.40, .41 y .42 Ejemplos de distintas texturas del hormigón dependiendo de sus moldes. Estos ejemplos son, respectivamente, de encofrado metálico, encofrado de madera y encofrado de molde elastómero.

Los moldes pueden ser también de poliestireno expandido facilitando una retirada del mismo una vez fraguado el hormigón, al poderse destruir el molde con facilidad.

Los moldes pueden ser contruidos con una combinación de varios materiales como, por ejemplo, encofrados exteriores de madera que configuran el volumen superficial general. Para

³⁰ Basado en los Principios de Pascal (1623-1662) y Arquímedes (287-212 ac). ARQUÍMEDES. (2005). *Eutocio Tratados I. Comentarios*. Madrid: Editorial Gredos y WUSSING, Hans (1998), *Lecciones de historia de las matemáticas*, España: Siglo XXI de España Editores

generar oquedades que tenga la pieza se introducen piezas de poliestireno expandido que una vez fraguado se retiran rompiéndolas y quedando los huecos en la pieza.

También se pueden utilizar materiales elásticos, telas, láminas, etc. Estos nuevos materiales serán vistos detalladamente en el capítulo III.



Figura II.43 Walter Jack *Crusehedwall* 2007.

Normativa. Indicaciones de la instrucción de hormigón estructural (EHE). Artículo 68.3, Cimbras, encofrados y moldes.

"Las cimbras, encofrados y moldes, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficientes para garantizar el cumplimiento de las tolerancias dimensionales y para resistir, sin asientos ni deformaciones perjudiciales, las acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y, especialmente, bajo las presiones del hormigón fresco o los efectos del método de compactación utilizado. Dichas condiciones deberán mantenerse hasta que el hormigón haya adquirido la resistencia suficiente para soportar, con un margen de seguridad

adecuado, las tensiones a que será sometido durante el desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

Estos elementos se dispondrán de manera que se eviten daños en estructuras ya construidas.

El suministrador de los puntales justificará y garantizará las características de los mismos, precisando las condiciones en que deben ser utilizados.

Se prohíbe expresamente el empleo de aluminio en moldes que hayan de estar en contacto con el hormigón.

Los encofrados y moldes serán lo suficientemente estancos para que, en función del modo de compactación previsto, se impidan pérdidas apreciables de lechada o mortero y se consigan superficies cerradas del hormigón.

Los encofrados y moldes de madera se humedecerán para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón. Por otra parte, las piezas de madera se dispondrán de manera que se permita su libre entumecimiento, sin peligro de que se originen esfuerzos o deformaciones anormales.

Las superficies interiores de los encofrados y moldes aparecerán limpias en el momento del hormigonado, y presentarán las condiciones necesarias para garantizar la libre retracción del hormigón y evitar así la aparición de fisuras en los paramentos de las piezas. Para facilitar esta limpieza en los fondos de pilares y muros, deberán disponerse aberturas provisionales en la parte inferior de los encofrados correspondientes.

En el caso del hormigón pretensado las cimbras, encofrados y moldes deberán resistir adecuadamente la redistribución de cargas que se origina durante el tesado de las armaduras como consecuencia de la transmisión de los esfuerzos del pretensado al hormigón. Asimismo, deberán permitir las deformaciones de las piezas en ellos hormigonadas, especialmente los alargamientos, los acortamientos y contraflechas que no deberán ser coartados.

Estos elementos deberán diseñarse de manera que sea posible el correcto emplazamiento de la armadura y los tendones del pretensado, así como una compactación adecuada del hormigón.

Los encofrados y moldes deberán poderse retirar sin causar sacudidas ni daños en el hormigón.

El empleo de productos para facilitar el desencofrado o desmoldeo de las piezas deberá ser expresamente autorizado, en cada caso, por la Dirección de Obra. Dichos productos no deberán dejar rastros ni tener efectos dañinos sobre la superficie del hormigón, ni deslizar por las superficies verticales o inclinadas de los moldes o encofrados. Por otra parte, no deberán impedir la ulterior aplicación de revestimientos ni la posible construcción de juntas de hormigonado, especialmente cuando se trate de elementos que, posteriormente, vayan a unirse entre sí para trabajar solidariamente.

Los productos desencofrantes o desmoldeantes aprobados se aplicarán en capas continuas y uniformes sobre la superficie interna del encofrado o molde, colocándose el hormigón durante el tiempo en que estos productos sean efectivos.

Se evitará el uso de gasóleo, grasa corriente o cualquier otro producto análogo pudiéndose utilizar para estos fines barnices antiadherentes compuestos de siliconas, o preparados a base de aceites solubles en agua o grasa diluida"³¹.

³¹ VVAA. (2008). Capítulo XIII. "Ejecución". En: VVAA. (2008) *EHE*, Madrid: Ministerio de fomento, Pag 226.

II-6.6.1 Desmoldeantes.

Son sustancias que evitan en gran medida que el hormigón se adhiera al molde facilitando el desencoframiento e impiden roturas en las partes superficiales de la pieza si se enganchan o adhieren con el molde, por lo que se recomienda que todos los moldes deben estar provistos de desencofrante.

Normalmente este producto se puede encontrar en cualquier almacén de obras. Este tipo de sustancias tienen incorporados generalmente compuestos derivados del petróleo como puede ser el gasóleo o bien de parafinas.

El desencofrante se puede aplicar a las distintas placas del molde mediante atomizador o con brocha, es conveniente hacerlo mediante pulverizador reduciendo el gasto del mismo y evitando que se formen concentraciones que puedan quedar registradas posteriormente. Conviene advertir que si tenemos un molde de un material especial como poliestireno expandido o de *foam*, deberemos hacer una prueba previa al vertido con el desencofrante por si surgiese alguna reacción entre ambos.

Los desencofrantes oleosos tienen tonalidades amarillas y pueden dejar rastro con algún tipo de veladuras en la pieza, por este motivo es también recomendable realizar pruebas previas.

Los desencofrantes procedentes de parafinas suelen ser lechosos con menos problemas de dejar mancha alguna en la superficie, por lo que son los más indicados para piezas de hormigón blanco de áridos marmóreos.

A continuación se aporta una relación de desmoldeantes específicos para el hormigón con referencias a sus webs de información técnica:

La casa *BASF*³² de productos químicos tiene ocho desmoldeantes para hormigón dentro de la serie de productos *RHEOFINISH* con numeraciones 211, 217, 275, 290, 294, 301, 315 y 318. Entre ellos, para uso escultórico destacaremos los 217 y 301 para hormigón visto, el 318 si el molde es metálico.

La marca *SIKA*³³ tiene también una variedad de desencofrantes

Sika Desencofrante EN y *Sika Desencofrante D* indicados para superficies porosas como encofrados de madera, producto oleoso amarillento.

³² VVAA, (2010). *Desencofrantes*. [en línea]. Alemania: BASF, [Fecha de consulta 03/03/2013].

< <http://www.ingenieria-arquitectura-basf-cc.es/> >

³³ VVAA. (2011). *Desencofrantes*. [en línea]. Alemania: SIKA, [Fecha de consulta 03/03/2013] .

<http://esp.sika.com/es/solutions_products/02/02a001/02a001sa01/02a001sa01100/02a001sa01103.html>

y

<http://esp.sika.com/es/solutions_products/02/02a001/02a001sa01/02a001sa01100/02a001sa01103.html>

Sika Desencofrante LN especialmente indicado para moldes metálicos, oleoso amarillento.

Separol V vegetal, desmoldeante oleoso con tonalidad amarilla de procedencia vegetal.

Separol W-10 desmoldeante procedente de parafinas en emulsión acuosa, recomendado para hormigones blancos dado que es de complexión lechosa blanca, apto para moldes de poliestireno.

*Asfaltex*³⁴ tiene dentro de su gama de productos el desencofrante *ADI-D* soluble en agua con la particularidad de conferir a los moldes metálicos agentes antioxidantes que le confieren mayor rendimiento.

Los fabricantes *Serra Ciments*³⁵ dentro de su gama de productos tiene los desencofrantes: *PIERI CIRE C-42* realizado en cera líquida especial para moldes cerrados y matrices con elastómero.

PIERI CIRE C-42 realizado en cera líquida especial para desencofrados difíciles.

Ambos productos se pueden utilizar sobre moldes de madera, metálicos, fenólicos, poliéster o poliuretano.

PIERI DECOBIO S-32 realizado con aceites vegetales no es tóxico y es ecológico, no deja manchas pese a ser de color amarillo claro, también se puede utilizar con moldes de poliéster.

*Chryso*³⁶ tiene también su gama de desmoldeantes.

Chryso Den DES aqua 10 y 80 tienen una composición de aceites sintéticos y ceras en emulsión. Su tonalidad es blanca haciéndole idóneo para piezas de tonalidad clara y confiere un acabado brillante. Dada su viscosidad no permiten su aplicación por pulverización, solo pudiéndose realizar así con presiones de 6 bares.

Chryso Den DES Vaqua 100, procedente de aceites vegetales, se puede proyectar en su aplicación. Con hormigones de cemento blanco conviene realizar un ensayo previo para observar posibles reacciones.

Chryso Den DM oleo 31, desmoldeante procedente de aceites minerales, especial para madera, tiene color castaño, puede pulverizar o dar a brocha.

³⁴ VVAA. (2008) *Desencofrantes*. [en línea]. Madrid: Asfaltex. [Fecha de consulta 03/03/2013].

<<http://www.asfaltex.com/UserFiles/1/File/fichasPDF/adiD.pdf>>

³⁵ VVAA. (2014) *Desencofrantes*. [en línea]. Barcelona: Serra, [Fecha de consulta 03/03/2013].

<http://www.serraciments.com/productos-de-acabado-para-el-hormigon/desencofrantes-del-hormigon_35.html>

³⁶ VVAA.(2014). *Desencofrantes* [en línea]. Toledo: Chryso. [Fecha de consulta 03/03/2013].

<<http://es.chryso.com/solutions.php?id=1183>>

Chryso Den DV BIO 1, desmoldeante procedente a aceites vegetales. permite su utilización también en moldes plásticos. Es de color amarillento y se puede aplicar pulverizándolo.

La compañía *MAPEI*³⁷ de productos para la construcción tiene los siguientes desmoldeantes.

Disarmante DMA 1000 realizado a base de aceite sintético emulsionable al agua, de color blanco, idóneo para encofrados de madera.

Disarmante DMA 2000 también realizado a base de aceites sintéticos y aditivos. Se pueden utilizar con cemento blanco y en cualquier tipo de molde. Son un producto de aplicación directa, mediante pulverizador o brocha.

Disarmante DMA 3000 tiene las mismas propiedades que el anterior pero de procedencia de aceites vegetales y aditivos.

Desmoldeante *APACHE*³⁸ es de las industrias químicas satecma es emulsionable al agua. Para piezas modeladas previamente y con destino a ser seriadas, podemos realizar moldes más complicados y con más detalle con silicona especial para moldes, realizando un contramolde que podrá ser de escayola, si se requiere más dureza se pueden realizar formas madre de fibra de vidrio que pueden ir armadas y se pueden atornillar entre sí.

A continuación se hace mención de las características básicas de los moldes reutilizables, que pueden dividirse en rígidos y elásticos.

II-6.6.2 Moldes reutilizables rígidos.

Los moldes reutilizables³⁹ deberán cumplir los siguientes requisitos. Serán fuertes y rígidos, a poder ser metálicos si se quiere realizar una gran producción de la pieza a seriar. Estos deben estar diseñados para un fácil desencofrado y una ausencia de encajes con la pieza. Los moldes metálicos son los más duraderos y efectivos, pero si la forma de la pieza es complicada el coste del mismo hará prácticamente implanteable en su realización.

Son realizados en planchas con forma de marco en cuyos bordes existen anclajes para unirse a las planchas colindantes.

³⁷ VVAA. (2014). *Desencofrantes*. [en línea]. Buenos Aires: Mapei. [Fecha de consulta 03/03/2013].

<<http://www.mapei.com/AR-ES/products-line.asp?IDTipo=4520&IDLinea=3>>

³⁸ VVAA. (2012). *Desencofrante* [en línea]. Madrid: Apache. [Fecha de consulta 03/03/2013]. <<http://www.satecma.es/pdf/1451.pdf>>

³⁹ Moldes reutilizables son aquellos moldes que nos permiten hacer más de una reproducción de la pieza, es decir se puede utilizar más de una vez.

Con moldes metálicos el vibrado puede ser exterior y realizado con gran fuerza, cuyo resultado final será por ello excelente.

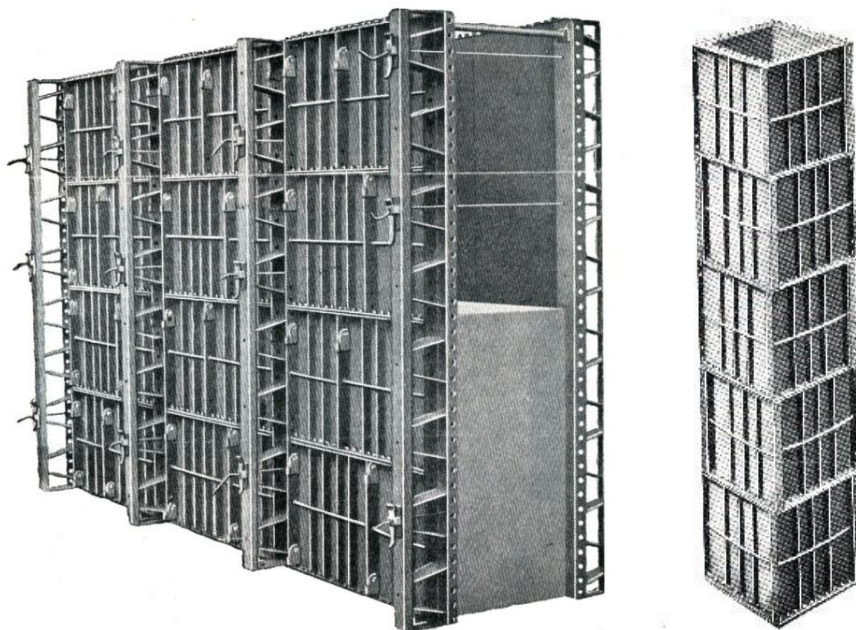


Figura II.44 Dibujos de encofrados metálicos.

También se pueden realizar moldes reutilizables mediante planchas y piezas de madera, pero su utilización es más limitada. Para formas más complicadas se realizan moldes reutilizables con resinas y fibra de vidrio. Estos necesitan contramolde o refuerzos metálicos para no deformarse con la presión del hormigón.

II-6.6.3 Moldes reutilizables elásticos.

Realizados con elastómeros, este tipo de moldes pueden estar hechos con silicona o cauchos. Las empresas químicas proveedoras de siliconas han adquirido en las últimas décadas siliconas con aditivos tixotrópicos, mejoradores de registro y durabilidad que hacen que sea un material excelente para la reproducción de escultura. En el caso de la técnica de hormigón, se aprecia que es un buen material para la reproducción y reutilización en seriados, si bien en todos los casos se necesitará un contramolde para evitar deformaciones y fugas dada la presión ejercida por el mismo.

A continuación se proporcione una relación de siliconas utilizables para la reproducción de piezas en hormigón:

*Formx*⁴⁰ siliconas para reproducciones.

⁴⁰ VVAA. (2014). *Siliconas* [en línea]. Barcelona: Formx. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <http://www.formx.es/products/silicone-polycondensatie/moldmax-stroke/index.php>

Moldmax Stroke silicona tixotrópica de estaño se puede aplicar en vertical evitando el descuelgue se puede aplicar con brocha y por capas.

Moldmax 20 silicona con dureza suficiente para seriar piezas y especial para ser vertida, con gran capacidad de registro.

Formsil Silicona silicona especial para reproducción tiene la posibilidad de añadirle espesante tixotrópico *Thivex II* para aplicación con brocha.

*Feroca*⁴¹

Silastic 3841 silicona apta para reproducción de piezas de hormigón también se le puede añadir aditivos tixotrópicos para espesar y aplicar en vertical.

Todos los moldes para piezas seriadas, después de cada desencofrado deben ser limpiados minuciosamente y untados con desencofrante antes de verter nuevamente.

II-7 Fraguado y endurecimiento.

Llamamos fraguado al paso de fluido a sólido de la pasta de mortero de hormigón. Esta transformación se produce mediante unas reacciones químicas surgidas tras la mezcla del agua y el cemento; puede producirse tanto al aire como debajo del agua, por eso el cemento está incluido dentro de los conglomerantes hidráulicos.

Después de entrar en contacto el agua con el cemento, comienza a crearse una especie de gel que a lo largo del tiempo va adquiriendo dureza hasta quedar totalmente sólido.

Al producirse este gel que envuelve al resto de los aglomerantes (áridos y piedras) se producen unas reacciones con los aluminatos y los silicatos procedentes del cemento. Las primeras reacciones vienen dadas por los aluminatos tricálcicos; son rápidas y cortas aportando dureza entre los 7 y 28 días. Desde el primer momento, pero con una reacción más continua entran los silicatos tricálcicos, y desde los 28 días en adelante entran los silicatos bicálcicos.

Podríamos decir que el proceso de fraguado se realizaría en las primeras horas, desde la mezcla entre el cemento y el agua (en *cementos Portland* normales); existen, no obstante, aditivos retardadores que pueden retrasar este comienzo de fraguado durante horas. Una vez fraguado y creado el gel procedente de la unión del cemento y el agua ese gel que ha recubierto

<http://www.formx.es/products/silicone-polycondensatie/moldmax-silicone/mold-max-20----1kg.php>

<http://www.formx.es/products/silicone-polycondensatie/formsil-silicone/index.php>

⁴¹ VVAA. (2014). *Siliconas*. [en línea]. Madrid: Feroca. [Fecha de consulta 10/03/2014].

http://feroca.com/product.php?id_product=72

todos los intersticios entre los áridos comienza a cristalizarse, lo que conlleva el endurecimiento del hormigón.

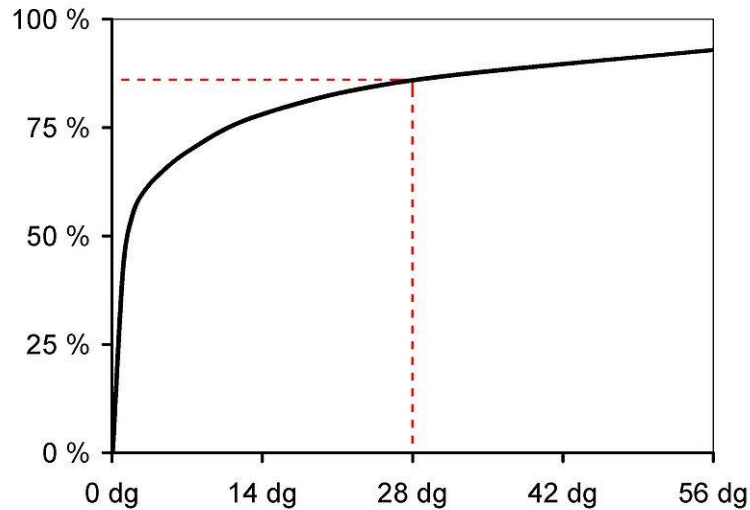
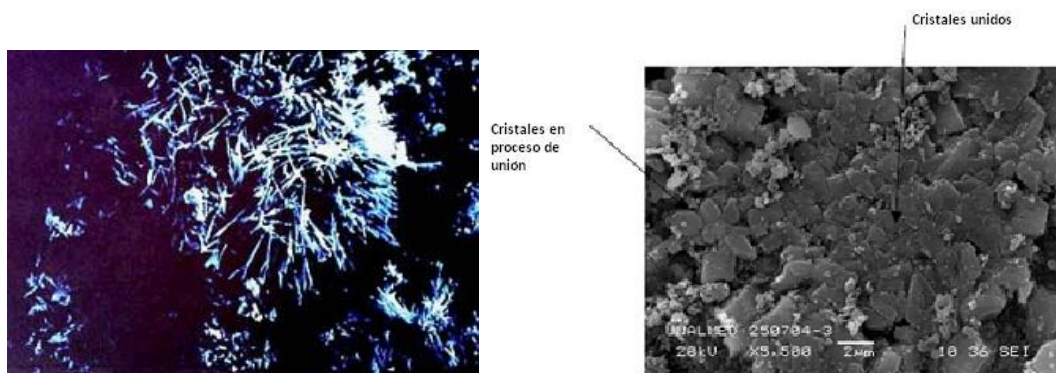


Figura II.45 Diagrama indicativo de la resistencia (en %) que adquiere el hormigón a los 14, 28, 42 y 56 días.



Figuras II.46 Detalle de fotografías del proceso de cristalización durante el fraguado.

Esta reacción es exógena, calentando significativamente la pieza, en especial en pastas realizadas con cementos aluminosos. Este calentamiento y la hidratación requerida para la reacción hacen que se pierda mucha agua, sobre todo si en el momento de realización existen temperaturas altas en el ambiente. En dichos casos es muy conveniente hidratar la pieza tanto por la boca como por el molde, especialmente si es poroso; así, por ejemplo, en moldes de madera, cerámicos o de escayola, en temporadas secas y calurosas, tendrán que ser hidratados por el exterior, especialmente en las primeras 48 horas, a ser posible se envolverán con lámina impermeable para guardar todo lo posible esa humedad.

Por otra parte, en este estadio en temporadas invernales se debe proteger la pieza de temperaturas inferiores a los cero grados, dado que puede entorpecer o cortar el endurecimiento

de la pieza. Para evitar este tipo de percances, se puede o bien cubrir y proteger la pieza del frío, o bien añadir algún aditivo anticongelante en su momento de dosificación.

En estas primeras horas del fraguado la pieza debe estar estable; no debe recibir golpes ni vibraciones que puedan perjudicar al endurecimiento y fraguado de la pieza.

II-8 Desencofrado.

El desencofrado deberá realizarse pasadas al menos dos semanas después del hormigonado de la pieza. Es una operación muy delicada, que requiere el mayor cuidado posible. Deberán evitarse cualquier tipo de choques, golpes y vibraciones que la puedan perjudicar, así como el uso de objetos metálicos para hacer palanca en el desmoldeo. Se debe procurar estudiar un despiece de la escultura fácil para evitar forcejeos. En este paso, una buena disposición previa de desencofrante en las caras internas del molde facilita enormemente esta labor.

Para piezas pequeñas lo realizaremos manualmente y en esculturas de grandes proporciones nos ayudaremos con cuñas y mazas de madera que se introducirán entre la pieza y el molde para la separación de los mismos.

Normativa desencofrado (EHE). Artículo 73 y 74:

“Los distintos elementos que constituyen los moldes, el encofrado (costeros, fondos, etc.), los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura, recomendándose, cuando los elementos sean de cierta importancia, el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos. Las operaciones anteriores no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar, con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desencofrado, desmoldeo o descimbrado. Cuando se trate de obras de importancia y no se posea experiencia de casos análogos, o cuando los perjuicios que pudieran derivarse de una fisuración prematura fuesen grandes, se realizarán ensayos de información (véase Artículo 89º) para estimar la resistencia real del hormigón y poder fijar convenientemente el momento de desencofrado, desmoldeo o descimbrado. Se tendrán también en cuenta las condiciones ambientales (por ejemplo, heladas) y la necesidad de adoptar medidas de protección una vez que el encofrado, o los moldes, hayan sido retirados. Se pondrá especial atención en retirar oportunamente todo elemento de encofrado o molde que pueda impedir el libre juego de las juntas de retracción, asiento o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

En elementos de hormigón pretensado es fundamental que el descimbrado se efectúe de conformidad con lo dispuesto en el programa previsto a tal efecto al redactar el proyecto de la estructura. Dicho programa deberá estar de acuerdo con el correspondiente al proceso de tesado. Para facilitar el desencofrado, y en particular, cuando se empleen moldes, se recomienda pintarlos con barnices antiadherentes que cumplan las condiciones prescritas en el Artículo 65º”.⁴²

II- 9 Tipos de acabado y procedimientos de realización de esculturas en hormigón posteriores al desencofrado



Figura II.47, Hugues, Maurin, 2009, *Torso* .

II-9.1. Piezas modeladas, moldeadas y vaciadas

Las esculturas modeladas en barro o cera con la finalidad de reproducirlas en hormigón, con moldes generalmente realizados de escayola, tienen un tratamiento igual que el empleado en cualquier otro material definitivo con el que se vacíe, por lo que no será preciso que me extienda demasiado en la exposición subsiguiente. Aun así, deben de tenerse presentes una serie de nociones básicas.

⁴² VVAA. (2008), “Desencofrado”. En VVAA. (2008) *EHE*, .[en línea]. Madrid: Ministerio de fomento. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/C06F455F-A44D-409C-A89A-DFA5FFE995D9/37468/CAPITULOXIIIborde.pdf>>

Para empezar, se recomiendan piezas cerradas. Las piezas muy aéreas tienen, al igual que la piedra, más posibilidad de romperse y hay que armarlas⁴³ en su interior, en todas aquellas extremidades con posibilidad de rotura.

Se debe tener especial atención en las texturas superficiales con picos, filos, salientes, láminas, angosturas y todo tipo de complicaciones que puedan romperse.



Figura II.48 Relieve realizado en hormigón rojizo a base de picadizo FGJ, Adolfo 1999.

La escultura de la foto superior fue realizada de un modelado en barro con molde perdido de escayola y su colada fue de cemento blanco con pigmento rojo y árido de picadizo de fundición.

Es preciso recordar que la densidad de la lechada del hormigón es considerable y por lo tanto el peso y la presión de empuje sobre el molde es muy grande, por lo que el espesor del molde deberá ser lo suficientemente grueso como para soportar la presión. Es conveniente que todo él descansa en una cama de arena que a su vez contrarreste las tensiones de empuje; tanto

⁴³ Sobre el armado, véase en este mismo capítulo los apartados II-5.2 *Armado* y II-6.1. *Armar el hormigón, colocación de las armaduras*.

si el molde es de resinas con fibras como de escayola, si se considera necesario, se deberán se realizar contrafuertes o armar el molde mediante fibras o varillas metálicas.

El molde deberá ser sellado para que no existan fugas; una fuga en pleno vertido nos puede estropear toda la operación. Para el sellado, se repasarán todas las líneas de junta. Una práctica recomendable es realizar una prueba de estanqueidad llenando el molde de agua previamente al vertido del hormigón.



Figura II.49 Javier Sauras, *retrato de Unamuno* 1990 Universidad de Bilbao. Fue hormigonado enterrando el molde en una cama de arena para evitar la presión del líquido en el molde, Figura II.50 Oteiza, *Comprendiendo políticamente* (1935). Museo Reina Sofía de Madrid. Modelada y posterior vaciado en hormigón a molde perdido.

Tradicionalmente en la realización a molde perdido viene siendo recomendable poner en la primera capa un chivato. Es decir, al realizar el molde de escayola, la primera capa se pone de distinto color añadiendo una pequeña porción de pigmento a la escayola. Esa primera capa es la que estará en contacto con la pieza de tal manera que cuando se rompe este molde, al llegar a esa capa deberemos ir con más cuidado para no dañar el material de la pieza definitiva. Si el color del mortero es claro es muy posible que la pieza quede pigmentada por lo que se recomienda que el chivato sea tenue. Para evitar posibles impregnaciones del pigmento en la pieza se puede dejar la lechada de contacto libre de pigmento y el grueso darlo con pigmento.

Para piezas de reproducción múltiple con moldes realizados en silicona se tiene que prever que el hormigón es un líquido de mucha densidad y en el vaso se alcanzarán altas presiones en las paredes de los moldes, por lo que se debe atar muy bien el molde -y contramolde en su caso-

para no perder el líquido interior. No se recomienda que la capa de silicona sea gruesa para evitar que el empuje de presión producido por la pasta la deforme.

Si por la condición de la escultura se deben realizar láminas estrechas, éstas se deberán armar en su interior con mallas metálicas, fibra de vidrio o de carbono con la precaución de colocar separadores para evitar la aparición de las mismas en la superficie de la escultura.

Si la escultura es de un grosor considerable, una opción para aligerar la pieza es insertar dentro de ella un bloque de poliestireno expandido que adaptaremos a la forma del hueco. Al igual que los armados deberá tener separadores para evitar su posible aparición posterior en la superficie de la escultura o que la pieza tenga poco espesor y pueda quedar frágil.



Figura II.51 y 2.52 Ejemplos de esculturas realizadas por Federico Assler, *Ferrun* y *Flora* 1999. y Ervin Patkaï “*sin título*” 1973, realizadas con moldes directos del poliestireno expandido tallado en negativo. De estos trabajos se ofrece más información dentro del capítulo IV en sus respectivos apartados.

Si no se requiere gran precisión ni detalle, una forma práctica y rápida es realizar el molde en poliestireno expandido trabajando en negativo. En este capítulo se aportan dos ejemplos de la técnica, tanto en relieve como en volumen.

II-9.1.1 Ejemplo de pieza obtenida por procedimiento de vaciado en hormigón de una pieza modelada en barro en positivo a molde perdido sin aditivos.



Figura II.53 Modelado en barro



Figura II.54 Una vez retirada la escayola.



Figura II.55 Pieza después del rellenado de huecos.



Figura II.56 Textura final repasada y tintada parcialmente.

En la figura II.54 se aprecia que la textura superficial está plagada de coqueras que posteriormente, como se parecía en las figuras II.55 y 56 se taparon estas coqueras con una masa similar a la original de la pieza.

Este tipo de oquedades disminuyen drásticamente con el uso de aditivos para mejor registro y superplastificantes.

II-9.1.2 Ejemplo de pieza en volumen obtenida por modelado en barro de la figura y vaciado en hormigón de polvo de mármol con aditivos.



Figuraz 2.57 y 2.58 Imágenes de la figura modelada.

En esta ocasión se realizó una imagen de Nuestra Señora de la Virgen del Carmen para la parroquia de la localidad madrileña de Cercedilla. Después de realizar una estructura de acero , alambre y tela metálica de gallinero, se modeló la figura, al estar destinada a ser colocada en una hornacina, la espalda de la pieza se dejó hueca y se ancló al puente grúa del estudio para evitar movimientos y vuelcos.



Figura II.59, 60 y 61 Imágenes del proceso de realización de moldes y armado de los mismos.

Durante la realización de los moldes se realizaron distintas llaves para facilitar el desmoldeado en especial los espacios que existían entre las dos cabezas. Como la figura estaba destinada a una hornacina se decidió dejar la espalda de la imagen como tolva de entrada del hormigón, luego los moldes estarían tumbados en el momento del vertido, vibrado y curado del mismo.



Figura II.62 Imagen del momento del desmoldeo y extracción de las llaves, el barro y la estructura metálica del mismo.

Con ayuda del puente grúa se desmoldó la pieza elevando la parte posterior de la espalda anclada desde su estructura metálica al puente grúa, se retiraron las llaves la estructura metálica y el barro colocándose inmediatamente las piezas en su posición para evitar revirados.



Figura II.63 Limpieza de los moldes mediante chorro de agua a presión.

Una vez limpiados los moldes, se procede al montaje de los mismos realizando perforaciones en aquellas zonas que puedan ser susceptibles de no dejar salida al aire y generar bolsas del mismo en el vertido de la pasta, El procedimiento es el mismo que se realiza en fundición con las chimeneas de acceso de fundente y salida de aire.



Figura II.65 Vista de uno de los lugares donde se realizó la trepanación para salida de aire en el cogote de la cabeza del Niño.



Figura II.66. Imagen de la aplicación de desencofrante y limpieza interior.

En esta ocasión como la figura necesitaba que no quedasen veladuras, había que dejar el blanco puro del material y no se utilizó un desencofrante procedente de gasóleo rompiendo el blanco al amarillo. En este tipo de piezas que se necesita limpieza se pueden utilizar parafinas o ceras transparentes, aplicándose con tela, muñequilla y pinceles en zonas de difícil acceso.



Figura II. 67 Imagen del molde una vez sellado.

Una vez aplicado el desencofrante, se montan todas las piezas, se sellan las juntas y se refuerza todo el molde con estopa y posteriormente con cinchas dejando un volumen estanco con el acceso superior nivelado.

Una vez nivelado se introduce la armadura interior. En esta ocasión se introdujo una barra de acero corrugado estructural a modo de columna vertical de 2 cm de diámetro. También, previendo el anclaje en la pared de la hornacina, se dejaron dos pernos salientes 20 cm, en acero corrugado de ocho milímetros de diámetro que se introdujo a modo de gancho en el interior de la figura.

El molde por sí solo es posible que no aguante la presión de empuje que ejercita el hormigón una vez vertido, por tanto en esta ocasión se decidió construir un compartimento estanco que le rodease, se hizo estanco mediante una lámina de PVC y se introdujo en él arena. Posteriormente, antes del hormigonado, se llenó de agua de tal manera que ejerciese sobre el molde una presión que contrarrestase la del hormigón.



Figura II. 68, Imagen del compartimento estanco una vez montado y cinchado en todo su perímetro.



Figura II.69 Imagen del hormigonado y vibrado de la pieza.

Para piezas de este tamaño en los momentos de hormigonado es necesario que se realice con un mínimo de dos personas, una encargada de la realización de la masa y otra del vertido y del vibrado.

La dosificación para esta escultura fue la siguiente⁴⁴ :

- 1 polvo de mármol impalpable.
- 1 polvo de mármol palpable.
- 1 árido de mármol, tamiz 1 mm.
- 1 árido de mármol, tamiz 2 mm.
- 2 de *cemento portland* blanco *Lafarge*.
- 1 de agua aproximadamente en volumen de cemento.
- 1% del volumen del cemento de *Sikament-NF* superfluidificante.
- 0.5% del volumen de cemento de *Sikaperfil-300* aditivo que mejora el registro.

Una vez hormigonado se tapó todo con plástico en su parte superior o tolva de acceso del vertido y según comenzaba el fraguado, se humedecía la superficie exterior periódicamente, durante las dos semanas que se mantuvo en el compartimento estanco.

Al ser verano la temperatura fue óptima para el fraguado que con la constante humedad a la que se le mantuvo dentro del mismo mejoró las condiciones de endurecimiento.

⁴⁴ Se toma como unidad una parte en volumen. Para esta ocasión se utilizaron cubetas de 500cm³



Figura II.70, 71 y 72 Tres imágenes del proceso del desmoldeo.

Una vez pasado el periodo mínimo de fraguado se retiró el compartimento estanco, se levanto la figura y comenzó el proceso de retirada de la escayola del molde mediante cincel y maza siempre evitando golpear a la figura definitiva.



Figura II.73, 74 y 75 Tres imágenes del proceso de acabados posteriores al desmoldeo.

Después de retirar en su totalidad la escayola del molde, se procede a arreglar las posibles imperfecciones aparecidas, desde repaso de alguna junta o como en este caso que se decidió aplicar en alguna de las zonas del vestido de la virgen con gradina, generando una textura más pétrea.

Una vez terminadas las labores de acabados se protegió y empaquetó la imagen para el traslado a su lugar definitivo.



Figura II.76, 77 y 78 Tres imágenes del empaquetado y protección para el traslado de la virgen



Figura II.79, 80 y 81 Tres imágenes del proceso de colocación de la escultura.

Previo a la colocación de la escultura se replanteo en la pared el lugar donde se tenían que realizar los taladros para que, al situar la imagen, se introdujeran los pernos de anclaje correctamente.

Justo antes de colocar la escultura en su lugar definitivo se rellenaron de taco químico los orificios de la pared por los que se introducirían los pernos de acero, de esta manera la escultura quedó perfectamente anclada en la hornacina sin posibilidad de movimiento alguno.

Este ejercicio debe realizarse en muy poco tiempo, el taco químico queda endurecido en dos minutos, por lo tanto el tiempo de maniobra es escaso y no cabe lugar a distracciones.



Figura II.82, 83 y 84 Tres imágenes de la figura ya colocada en su lugar definitivo.

La escultura de la *Virgen del Carmen* de Cercedilla fue instalada en julio del 2013 en la hornacina de la calle del Carmen del municipio a una altura de dos metros y medio sobre una base de granito. La escultura tiene unas dimensiones de 150 x 40 x 60 cm y un peso aproximado de 380 kilogramos.

II-9.2 Técnica de relieve modelado en negativo sobre barro.

Un ejemplo de realización rápida de relieves es la técnica empleada por escultores como José Luis Sánchez o Miguel Fuentes del Olmo. Primero se realiza un marco del tamaño del relieve con un espesor de unos 10 cm., por ejemplo. Posteriormente, se rellena de barro con unos 5 cm. de espesor y sobre éste se hacen incisiones o aportaciones de material y se rellena el espacio sobrante de hormigón. Aplicando esta técnica hemos trabajado directamente en negativo, ahorrándonos el paso del molde y material del mismo. También el paso de

desencofrado es muy rápido, con una retirada del barro mucho menos costosa que madera, escayola o metal y una limpieza del mismo muy sencilla



Figura II.85 Detalle de relieve realizado por Miguel Fuentes del Olmo, modelando en negativo y vaciado directo.

Esta técnica es muy aconsejable para relieves de grandes superficies pues se pueden repetir diferentes relieves con el mismo formato multiplicándose y pudiendo abarcar grandes superficies. Si los módulos son de grandes dimensiones deben llevar un armado en su parte interior y se deben dejar esperas o enganches para su posterior fijación. Se consigue fácilmente la textura requerida imprimiendo el volumen del negativo en el molde el barro, la cera, la arena o la plastilina que después el hormigón registra directamente.



Figura II.86 Costantino Nivola realizando un mural modelando en negativo sobre arena técnica denominada *sand-casting*. Obsérvese los acabados con esta técnica de su propia invención denominada *sand-casting*.

II- 9.2.1 Esquema por pasos de realización de técnica en negativo para murales de hormigón.

En este apartado se muestra paso a paso cómo se realiza un relieve en hormigón blanco con árido y polvo de mármol. Este es el método tradicional que se ha seguido hasta ahora y fue muy utilizado en los años setenta y ochenta para la realización de grandes murales con la matización que con la misma escuadría de encofrado se iban repitiendo módulos diferentes que conforman el total del mural.



Figura II.87 Se prepara la superficie colocando sobre ella un plástico que sobre por todo su perímetro y sobre él se coloca un bastidor que nos hará de tope del barro y encofrado.

Primero se toma una superficie plana impermeable. Si es porosa se la pone una lámina de plástico sobre ella.



Figura II.88 Un detalle del bastidor es que si lo disponemos con eles de metal el desencofrado es sencillo y rápido, y se amolda a distintas escuadrías.



Figura II.89 Se rellena de barro construyendo un plano terso.

Se colocan unos bastidores que formen la proporción deseada del relieve y una vez colocados se introduce el barro, presionándolo con una maza para evitar que quede dentro del mismo burbujas que nos puedan molestar en el modelado de la pieza posteriormente. Se nivelará mediante reglas, a poder ser metálicas.



Figura II.90 Una vez alisado se retira el bastidor para poder comenzar a modelar siempre pensando que es en negativo y que todo lo que se retira o hunde será sobresaliente.

Una vez alisado el barro y retirado el bastidor, se comienzan las impresiones sobre el mismo. En esta ocasión se presionaron contra el barro esquíes de distintos tamaños.



Figura II.91 Se realizan las incisiones con cualquier tipo de objeto.



Figura II.92 Cualquier tipo de incisión en el barro, por nimia que sea, quedará registrada en el hormigón; con los aditivos se potencian los registros y con los superfluidificantes se puede registrar con más facilidad.

Utilizando un buen barro sin impurezas y con una humedad justa para que se puedan registrar desde pequeños sellos como aparece en la figura II.92, a hojas vegetales, por ejemplo, de relieve muy sutil. Todo ello quedará registrado en positivo. La capacidad de registro es tan grande como la de la escayola.



Figura II.93 Una vez terminadas las incisiones se corrigen los laterales por las posibles deformaciones que aparecen en el barro después de ser sometido a ellas.

Respecto de las incisiones, debe recordarse no producirlas excesivamente finas o puntiagudas para no crear volúmenes aéreos de poco espesor que posteriormente sean frágiles. Terminadas las impresiones en el barro se tapa con el sobrante de la lámina plástica colocada inicialmente y se vuelve a colocar el bastidor que ahora formará un compartimento estanco siendo éste el muro que contenga el hormigón líquido.



Figura II.94 Se cubre con el plástico sobrante.

Durante todo el proceso mantendremos el barro siempre húmedo, tapándolo en los momentos que no se trabaja en él y humedeciéndolo constantemente para evitar fisuras de retracción del mismo que posteriormente quedarían registradas.



Figura II.95 Se coloca el bastidor y el plástico otra vez por encima del mismo, de tal manera que hacemos una estancia estanca del molde conservando la humedad del molde y del hormigón, evitando con ello posibles fugas del mismo en el momento de echar la lechada.



Figura II.96 Se apuntala el bastidor evitando movimientos.



Figura II.97 Se incorpora la armadura; en este caso un simple armado de alambre grueso galvanizado suspendido en el aire para que no toque la superficie dejando al menos dos centímetros de la superficie del barro.

Una vez instalado el molde se le incorpora el armado. Esta vez se realizará mediante un alambre de acero galvanizado el cual se suspende en el aire evitando que toque en el barro y que quede al menos dos centímetros por debajo del nivel máximo que alcanzará el vertido de hormigón, asegurándose que todo él quedará sumergido.

También se colocarán los pernos de anclaje que para esta ocasión se escogieron dos varas roscadas de acero inoxidable.



Figura II.98 Se añaden los futuros anclajes; en este caso la solución fue acudir a unos espárragos de acero inoxidable doblados en forma de ele suspendidos en el aire.



Figura II.99 Se vierte el hormigón en el cofre e inmediatamente se protege con un plástico.



Figura II.100 Si en el tiempo de fraguado y primeros días de endurecimiento la temperatura es alta y la humedad ambiente es escasa – tal como fueron los parámetros meteorológicos en la realización de este mural – conviene regar diariamente la pieza pese a estar totalmente protegida por plástico, como se hizo en este trabajo.

Una vez preparado el molde con el encofrado, armado y anclajes, se puede proceder al vertido en su interior del hormigón y recién terminado este vertido, se tapará inmediatamente con plásticos para que no pierda humedad, durante las dos siguientes semanas, se regará la pieza para que no pierda humedad evitando retracciones y mejorando su endurecimiento.

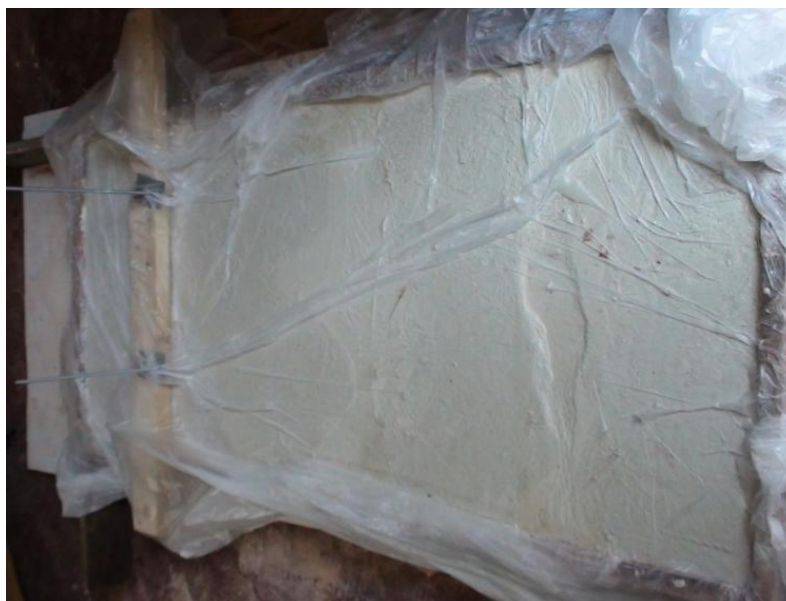


Figura II.101 Al tercer día de fraguado se pueden retirar los tablonos de suspensión de armaduras para facilitar la labor de humedecimiento diaria de la pieza.



Figura II.102 A partir del décimo día se empiezan a realizar las pruebas de dureza con el esclerómetro. Cuando alcance una dureza de unos treinta kilos por centímetro cuadrado podremos desencofrar con seguridad.

Para saber si el hormigón ha endurecido lo suficiente y poder proceder al desencofrado se utiliza un esclerómetro⁴⁵ y se comprueba la dureza adquirida. Normalmente no se tiene un esclerómetro en el taller, por lo que se recomienda que si no se utilizan aceleradores de fraguado se espere a las dos semanas para el desmolde.

⁴⁵ Esclerómetro en un aparato que mide la dureza de los materiales, mediante un impacto que realiza con un pistón y según el retroceso el mismo, mediante unas tablas que aporta, nos mide la dureza de la pieza.



Figura II.103 Se retira de la mesa de soporte y se dispone a retirar el barro. En esta ocasión era más fácil retirar el barro con la pieza en vertical; además, se levantó para no dañar los anclajes en su parte posterior.

El barro en unas condiciones normales debe estar húmedo al haber sido regada la pieza durante el proceso de endurecimiento, propiedad que nos facilitará el desencoframiento.



Figura II.104 En este trabajo se optó por no aplicar desencofrante al barro para que el mismo barro dotara de una leve pátina a la pieza; el inconveniente es que su retirada resulta más tediosa.

Terminado el fraguado comienza la retirada del barro que ha quedado adherido al hormigón. Para facilitar esta operación conviene haber proyectado previamente al hormigonado una sustancia desencofrante.

Un desencofrante casero en el caso de no poderlo adquirir en los almacenes de materiales, es la mezcla a partes iguales de gasóleo con aceite de orujo; el problema es que todo el barro que lo toca se hace después no reutilizable, por lo que una vez desmoldado se debe proceder a

separar el barro que ha estado en contacto con el desencofrante, del barro que no lo ha estado para volverlo a meter en la arqueta.



Figura II.105 Retirada de barro manualmente y mediante espátulas de madera.



Figura II.106 Comienzo de la retirada del barro y aparición del relieve.



Figura II.107 Se continúa la limpieza mediante cepillado con agua.

La retirada del barro se debe realizar con medios no agresivos evitando herramientas metálicas que puedan arañar la figura. Utilizaremos espátulas de macera o plástico, como se aprecia en la fotografía superior, -figura II.107-, con medios mecánicos como este cepillo accionado con chorro de agua a presión facilitando como se aprecia la labor de limpieza de la pieza.

Como es lógico durante este proceso de limpieza no se dejará secar el barro ya que complicaría y retrasaría este proceso.



Figura II.108 Detalle del relieve una vez limpio de barro. Repárese en la esbeltez que se consigue con los superfluidificantes, pudiéndose realizar láminas muy finas.



Figura II.109 En la foto se puede ver cómo registra el hormigón incluso a pequeña escala; se aprecian también pequeñas coqueras de uno y dos milímetros prácticamente insignificantes para un hormigón habitual.



Figura II.110 Detalle del relieve escultura una vez retirado el barro y antes de repasar los bordes utilizando la radial con un disco de desbaste de piedra, para quitar las rebabas y los relieves formados por el contacto con el plástico perimetral.

En este relieve, al no haberse tratado con un desencofrante, la retirada del barro fue tediosa y el barro aportó una veladura al material rompiendo el blanco.

La dosificación para esta escultura fue la siguiente⁴⁶:

- 1 polvo de mármol impalpable.
- 1 polvo de mármol palpable.
- 1 árido de mármol, tamiz 1 mm.
- 1 árido de mármol, tamiz 2 mm.
- 2 de *cemento portland* blanco Lafarge.
- 1 de agua aproximadamente en volumen de cemento.
- 1% del volumen del cemento de *Sikament-NF* superfluidificante.
- 0.5% del volumen de cemento de Sikaperfil-300 aditivo que mejora el registro.

II-9.2.2 Ejemplos de distintas texturas obtenidas por moldes negativos de barro.

Relieve figurativo mediante impresión de objeto y modelado simple.



Figura II.111 y 112 FGJ. *Velero*, 2013.

Relieve obtenido por la impresión de un velero de miniatura y un modelado simple para generar la onda que realiza a su paso el velero.

⁴⁶ Se toma como unidad una parte en volumen, Para esta ocasión se utilizaron cubetas de 500cm³

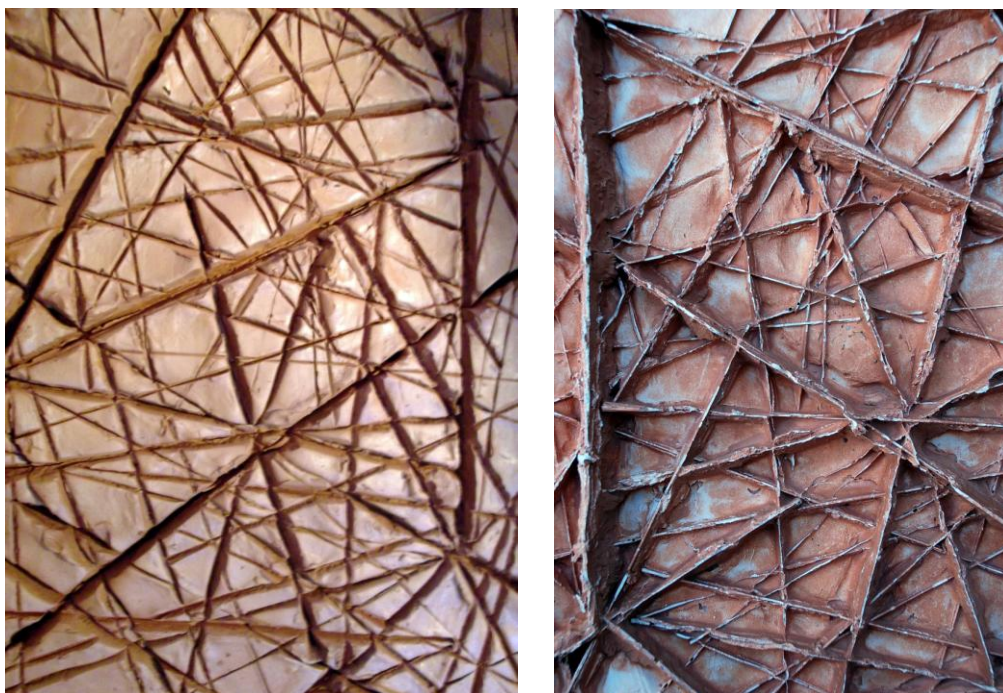


Figura II.113 y 114 Barro y detalle de FGJ. *Abstracción geométrica*, 2013.

Para este relieve se hicieron incisiones en el barro mediante unas pletinas de distintos calibres en varias direcciones componiendo una abstracción geométrica. Después de realizar la incisión se realizaba un giro de la pletina a ambos lados para que la incisión quedase más fina en el extremo y más ancha en la base para dejar salida al molde en su retirada.

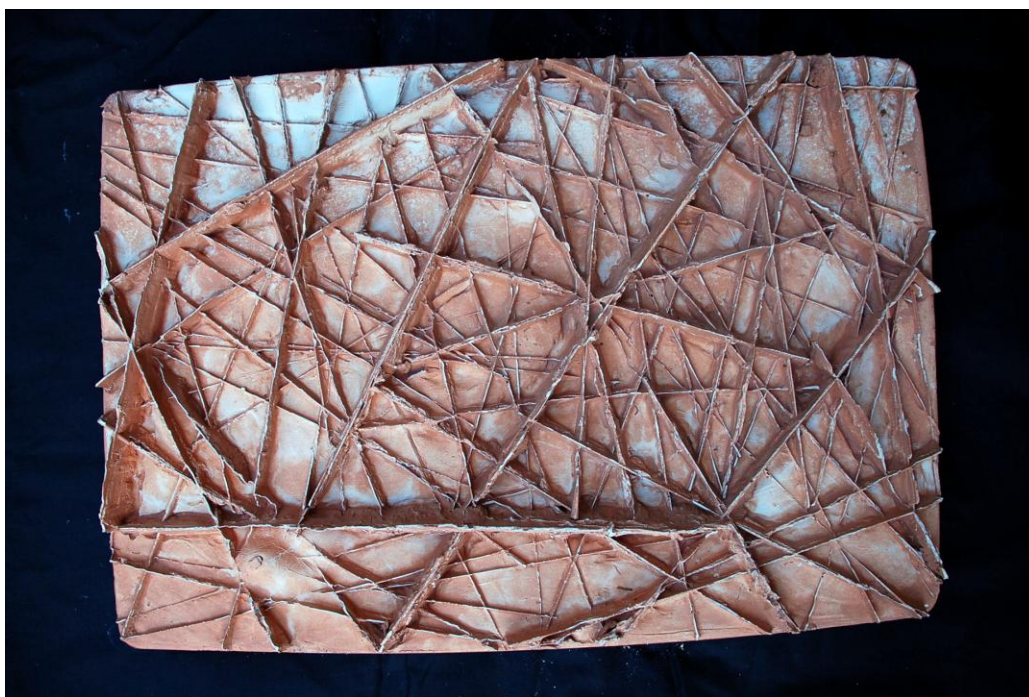


Figura II.115 Vista general del relieve FGJ, *Abstracción geométrica*..2013.



Figura II.116 a119 FGJ, *Intestino*, 2013.

Impresiones obtenidas mediante la rodadura de un rodamiento metálico estriado sobre el barro, esta vez se pulverizó desencofrante para hormigón de la marca Sika y el desmoldeo fue limpio.



Figura II.120 y 121 Vista y detalle de incisiones realizadas mediante baquetas de metalófono.



Figura II.122 y 123 Vista general y detalles del relieve FGJ, *Revuelto*, 2013.

Para este relieve (*Revuelto*) se utilizaron baquetas de distinto tamaño utilizadas para metalófono realizando movimientos con ellas una vez introducidas en el barro. Para su mejor desmoldeo y deseando que la pieza quede menos impregnada del barro se utilizó también desencofrante de la marca *SIKA*.



Figura II.124 y 125 Detalle de incisiones mediante figuras geométricas simples intercalando una lámina de PVC generando un acolchado de la incisión



Figura II.126 y 127 Vista general del relieve, Familia Simó Álvarez, FGJ, 2013, 40x30x5 cm, Hormigón



Figura II.128 y 129 Detalles del relieve, FGJ, *Familia Simó Álvarez*, , 2013.

En las figuras II, 126 a 129, podemos apreciar que al intercalar entre el objeto a imprimir y el barro una lamina flexible se produce un averrugado de los laterales de la incisión, generando texturas artificiales de difícil obtención mediante modelado en positivo. También en esta ocasión fue pulverizado el desencofrante.



Figura II.130 y 131 Detalle de negativo en barro con anclaje en el aire dispuesto para ser hormigonado y vaciado en hormigón.

Para el relieve *Cristalización de Rosa* se realizaron incisiones de discos de radial y cuchara que una vez insertadas se ejercía un giro sobre ellas, en esta ocasión se optó por no aportar desencofrante a la pieza para que el barro tiñese el relieve una vez vertido, siendo el proceso de desmoldeado más tedioso.

Para la realización de estos relieves el recipiente ideal es una espuerta de plástico flexible, la cual facilita la extracción del relieve, una vez fraguado como la manipulación del molde de barro.

En todos los casos salvo para una colocación del relieve en horizontal, conviene que insertemos antes del vertido el futuro anclaje como se aprecia en la figura II.130.

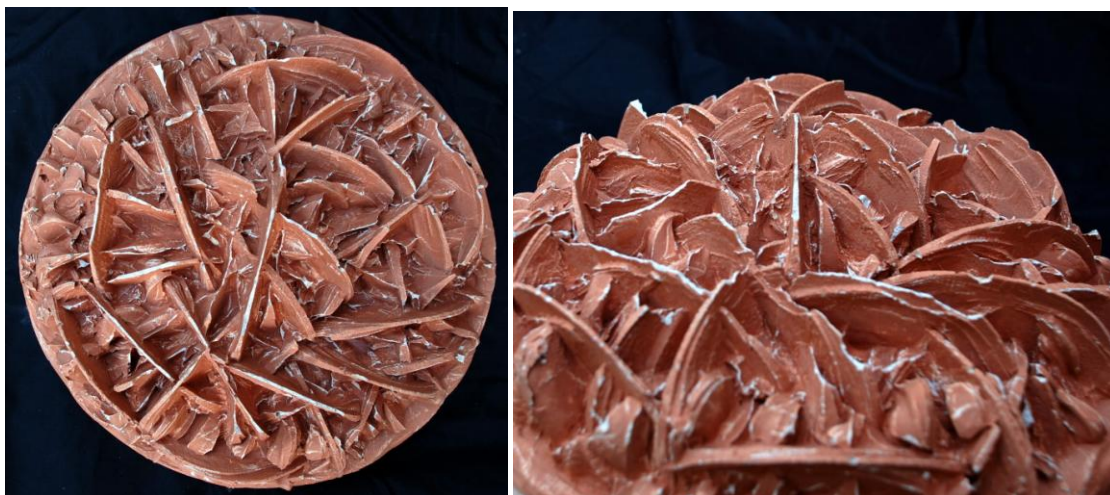


Figura II.132 y 133 Vista general y detalle de: FGJ, *Cristalización de Rosa*, 2013.

En la Figura II.133 del detalle se aprecia en espesores menores de dos milímetros las láminas de hormigón se hacen muy endebles y parten con suma facilidad por lo que si se desea rigidez se deberá evitar estos espesores en plano.



Figura II.134, 135 y 136 Detalles de la realización del relieve, FGJ, *Ebullición Dáctil*, 2013, 30x30x5 cm, Hormigón.

Para el relieve, *Ebullición Dáctil* se realizaron incisiones en el barro mediante los dedos intercalando una tela entre los dos para generar superficies averrugadas con menor intensidad que las ofrecidas mediante láminas de PVC.



Figura II.137 a 139 Detalles y vista general del relieve FGJ, *Ebullición Dáctil*, 2013.

La dosificación que se adoptó para estos relieves fue la siguiente⁴⁷:

1 polvo de mármol impalpable.

1 polvo de mármol palpable.

1 árido de mármol, tamiz 1 mm.

1 árido de mármol, tamiz 2 mm.

2 de cemento portland blanco Lafarge.

1 de agua aproximadamente en volumen de cemento.

1% del volumen del cemento de Sikament-NF superfluidificante.

0.5% del volumen de cemento de Sikaperfil-300 aditivo que mejora el registro.

En todas las lechadas se consiguió con el superfluidificante una consistencia líquida y para mejorar su textura evitando coqueas se vibraron los moldes recién vertida la masa.

⁴⁷ Se toma como unidad una parte en volumen. Para esta ocasión se utilizaron cubetas de 100cm³

II-9.3 Ejemplo de Piezas realizadas en negativo con moldes de poliestireno expandido en relieve.

La técnica se basa en tallar en negativo sobre una plancha ancha de poliestireno expandido con un transformador e hilo de *Nicrón* que fácilmente se puede fabricar⁴⁸, el hilo se calienta y corta por calor el molde de poliestireno expandido, posteriormente se encofra y se hormigona.



Figura II.140 Ejemplo de relieve realizado con esta técnica por Federico Assler. Santiago de Chile 1981. Es el gran impulsor de esta técnica realizando una cantidad ingente de piezas de gran complejidad en algunos casos.

⁴⁸ Las pistolas de hilo se realizan con un potenciómetro de lámpara doméstica y un transformador de 12v de lámpara alógena que se pueden adquirir en cualquier ferretería y el hilo se puede extraer de un antiguo calefactor o en ferreterías especializadas, El grosor ideal del hilo es de 1,2 mm al ser más rígido, con el potenciómetro regularemos la intensidad de calor que tenga el hilo y controlaremos con ello la velocidad de corte, a mayor temperatura el hilo se ablanda por lo que regularemos la potencia para obtener una buena velocidad de corte y un hilo rígido.



Figura II.141 Poliestireno expandido tallado en negativo.

Sobre una plancha gruesa de poliestireno expandido vamos tallando el molde mediante hilo de *Nicrón* siempre atentos de no traspasar el grueso del molde y llegar a la superficie. En el peor de los casos, si se traspasa, se puede pegar un trozo de poliestireno expandido con acetato de polivinilo.



Figura II.142 Montado de encofrados laterales y gatos de refuerzo. Con ellos evitamos que existan hendiduras por las que se fugue el hormigón y rigidizamos el encofrado.



Figura II.143 Colocación de anclaje para posterior sustentación. Se empleó un alambre grueso galvanizado con un par de esperas que penetraran en el líquido conglomerante soportado por una varilla que va de lado a lado sin llegar a tocar la pasta.

Una vez tallado se incorpora el bastidor perimetral a modo de encofrado, esta vez realizado mediante listones de madera, creando la cavidad donde se alojará el hormigón fresco. Véase - Figura II.142-.

Si se requiere anclaje es el momento de suspender sobre la cavidad que alojará la pasta de mortero el anclaje previsto. Para esta ocasión se realizó mediante un alambre galvanizado. Véase -Figura II.143-.



Figura II.144 Se vierte el hormigón y se hace vibrar dando unos golpes en la estructura del encofrado para hacer aparecer las pequeñas burbujas que pudiesen quedar dentro a modo de vibrado.



Figura II.145 Se tapa todo con un plástico y se mantiene húmedo durante los días de fraguado regándolo diariamente si es tiempo caluroso.

Antes de verter el líquido nos aseguramos que el encofrado este estable y revisaremos los posibles puntos de fuga del material para esta ocasión se estabilizó el encofrado mediante la colocación de dos gatos en perpendicular a los listones -véase en la figura II.142-. Una vez vertido el hormigón líquido se vibra el conjunto y según se termina de verter se vibra durante medio minuto mediante golpes con una maza de silicona de manera suave para nos desestabilizar el encofrado, viendo como afloran en superficie pequeñas burbujas. Seguida a

esta operación, inmediatamente se tapa la superficie mediante una lámina plástica para evitar evaporaciones innecesarias. Y regaremos durante las dos semanas de endurecimiento comprobando que siempre la superficie está húmeda.



Figura II.146 Se procede a la retirada del molde mediante hilo de Nicrom y cepillos de cerda metálica.



Figuras II.147 y 2.148 Extracción del relieve. FGJ, *Flor de Lenguas*, 2013.

Posteriormente al fraguado se retira el poliestireno expandido mediante herramientas de plástico y madera para arañar la figura.

Para este trabajo de investigación también se quiso realizar un estudio de cómo realizaba los murales el escultor Federico Assler, la pieza se talló como habitualmente realizaba el escultor mediante la pistola de hilo de *nicron*, cortando piezas longitudinales y curvas en un paralelepípedo de poliestireno expandido.

Éste fue alojado en un bastidor de tablonos de madera y rigidizado mediante pletinas de acero y gatos.



Figura II.149 Detalle del molde en poliestireno expandido con refuerzo de acero corrugado de ocho milímetros de diámetro y anclajes de argollas del relieve, FGJ, *Emulando al maestro Federico Assler*, 2013.

La pieza fue armada mediante una pequeña estructura rectangular de acero corrugado de ocho milímetros de diámetro de sección y se introdujeron unas argollas que harían de anclaje de sujeción de la pieza una vez fraguada.

De igual manera que en el procedimiento anterior todo ello se introdujo en una lámina de pvc y se encofró evitando así posibles fugas del material. Antes del vertido se espolvoreó desencofrante de *SIKA* facilitando así la labor de retirada del molde.



Figura II.150 Detalle de desencofrado de FGJ, *Emulando al maestro Federico Assler*, 2013.

Esta vez la retirada del poliestireno expandido fue menos tediosa dado que la pieza había sido tratada con desencofrante, con solo hacer un poco de palanca en el plástico sin llegar a tocar la pieza saltaba el poliestireno expandido.



Figura II.151 Emulando al maestro Federico Assler, FGJ, 2013, 140x50x20 cm, hormigón.

La dosificación para estos relieves fue la siguiente⁴⁹:

- 1 polvo de mármol impalpable.
- 1 polvo de mármol palpable.
- 1 árido de mármol tamiz un milímetro.
- 1 árido de mármol tamiz 2 milímetros.
- 2 de cemento portland blanco Lafarge.
- 1 de agua aproximadamente en volumen de cemento.
- 1% del volumen del cemento de Sikament-NF superfluidificante.
- 0.5% del volumen de cemento de Sikaperfil-300 aditivo que mejora el registro.

II-9.4 Pieza en volumen tallada en negativo dentro de poliestireno expandido.



Figura II.152 y 153 Ervin Patkaï realizando una de sus obras en esta técnica. Figura II.93 Ervin Patkaï realizando una de sus obras en esta técnica. “Sin título” 1966.

⁴⁹ Se toma como unidad una parte en volumen. Para esta ocasión se utilizaron cubetas de 100cm³

En este apartado se detalla cómo se realiza una pieza en volumen mediante la técnica de tallado en negativo, mediante moldes de poliestireno expandido. En ella veremos que se debe de trabajar por módulos en fases que posteriormente se armarán para generar el molde donde se verterá y fraguará el hormigón.

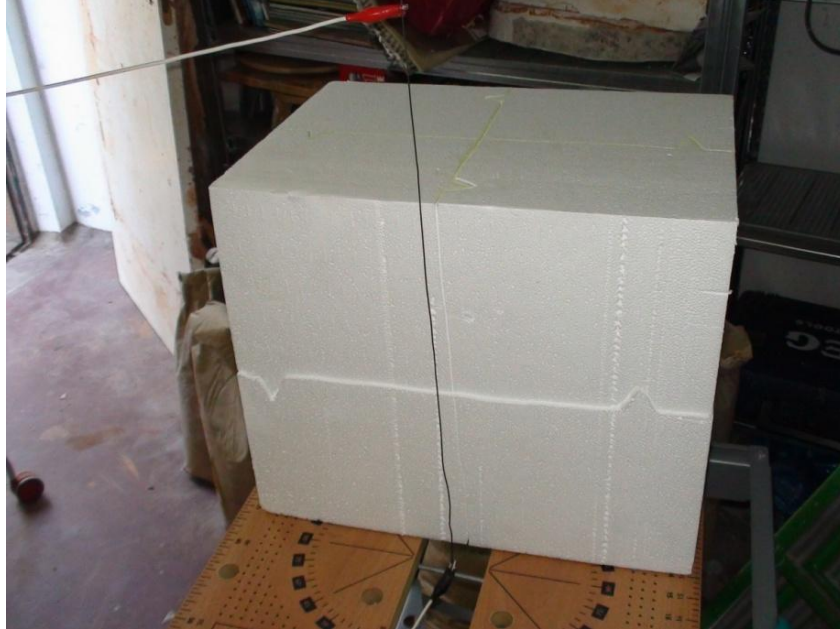


Figura II.154 El volumen genérico lo dividimos con hilo de Nicrom en cuatro partes con sus llaves respectivas.

Para trabajar en volumen tallando en negativo, en este caso el volumen del que partimos es el de un cubo, dividimos la pieza en cuatro partes iguales generando en el corte unas llaves para evitar posibles desplazamientos posteriores, véase en las Figuras II.154 y 2.155.



Figura II.155 Detalle de pieza una vez dividida en cuatro partes con sus llaves.

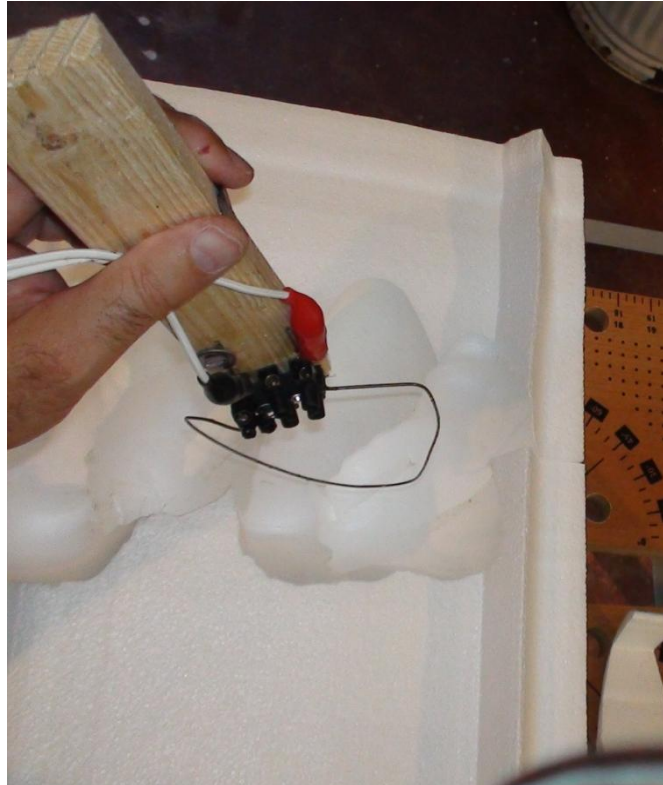


Figura II.156 Proceso de la talla del poliestireno expandido.

Comenzamos a tallar siempre utilizando dos partes unidas y vamos tomando partes de dos en dos, siempre con el mismo giro para evitar incongruencias en la forma y que se vean posteriormente las juntas.

Procuraremos que nuestra talla no llegue a las llaves, para lo que dispondremos de un bloque mucho mayor que nos permita garantizarnos unos márgenes seguros en todo momento y habilitaremos una boca de acceso para el vertido del material en una de las caras del cubo. Veanse Figuras II.156 y 2.157.



Figura II.157 Dejaremos una boca de acceso del material y pegamos todas las juntas; de esta manera damos estanqueidad y uniformidad al molde.



Figura II.158 Una vez encolada la pieza unimos los módulos y se pega con presión con el acetato de polivinilo teniendo cuidado de que no surjan posibles desplazamientos.

Una vez tallada la figura en negativo se sella el conjunto, primero pegando las piezas del puzle con acetato de polivinilo con cuidado de que no entre pasta dentro del habitáculo y posteriormente se sellarán las juntas exteriores con *cinta americana*.⁵⁰ Véanse figuras II.158 y II.159.



Figura II.159 Ya encolado el molde se sella con cinta americana y se embrida con cricas o cinchas se puede llenar de agua para comprobar la estanqueidad del mismo y cerrar posibles puntos de fuga.

⁵⁰ La cinta americana es una cinta adhesiva con refuerzo textil de alta resistencia.



Figura II.160 Se introduce el anclaje; esta vez empleamos una varilla roscada. Figura II.161. Proceso del vertido de la figura.

Como siempre, si se requiere, se le introduce el anclaje antes de ser vertido y se refuerza para consolidar el conjunto, evitando desplazamiento. Esta vez se realizó mediante cinchas de atado.

Posteriormente se hormigona y se vibra. En este caso el vibrado se ha sustituido por golpes de maza de madera por todos los laterales del molde, comprobando que aparecían burbujas en la boca de acceso y terminado el golpeteo cuando ya no surgían. Una vez vibrado se tapa con plástico, se observa que se ha colmado en el vertido del mismo, ya que una vez comienza el fraguado y secado en la bocana siempre hay retracción y de esta manera siempre quedará al ras una vez mermado. -Ver Figuras II.160 y 2.161 del proceso-.



Figura II.162 Una vez fraguado y endurecido se procede a la retirada del molde mediante hilo de *Nicrom* y cepillos de cerda de metal.

Una vez pasadas dos semanas y endurecida la pieza se comienza a retirar el poliestireno expandido.

Las rebabas de hormigón se retiran con *Dremel* y amoladora con disco de carburo de silicio utilizado comúnmente para piedra, si es posible de escamas.



Figura II.163 Pieza en proceso de retirada de rebabas y restos de molde.



Figura II.164 Otra vista de la pieza durante el proceso de acabado.

La dosificación para esta escultura fue la siguiente⁵¹:

1 polvo de mármol impalpable.

1 polvo de mármol palpable.

1 árido de mármol, tamiz un milímetro.

1 árido de mármol, tamiz 2 milímetros.

2 de *cemento portland* blanco Lafarge.

1 de agua aproximadamente en volumen de cemento.

1% del volumen del cemento de *Sikament-NF* superfluidificante.

0.5% del volumen de cemento de *Sikaperfil-300* aditivo que mejora el registro.

II-9.5 Piezas procedentes de moldes de negativos no moldeados.



Figura II.165 FGJ. *Tensión en el País*. Las Rozas, 2002; 100x70x70cm hormigón negro (*Cemento portland* con áridos negros y pigmento negro para hormigón).

Para conseguir un volumen determinado no siempre es necesario recurrir al barro; como elemento generador de forma, gran cantidad de materiales y formas nos pueden ayudar en la fabricación del volumen deseado con la realización de volúmenes preliminares desde poliestireno expandido, polietileno extrusionado a cualquier tipo de objeto que cree volumen. La pieza de hormigón representada en la foto anterior fue realizada a partir de un globo de un metro de diámetro hinchado dentro de una jaula irregular de alambre, posteriormente sobre él se le proyectó el yeso y se le rodeó de bridas antes de ser vertido el hormigón en su interior. Su

⁵¹ Se toma como unidad una parte en volumen. Para esta ocasión se utilizaron cubetas de 100cm³

textura exterior es lisa pero con gran cantidad de coqueras. Si se quisiera una textura más lisa se hubiese conseguido mejor con un aditivo fluidificante en prevención de las mismas o un buen vibrado durante el vertido.

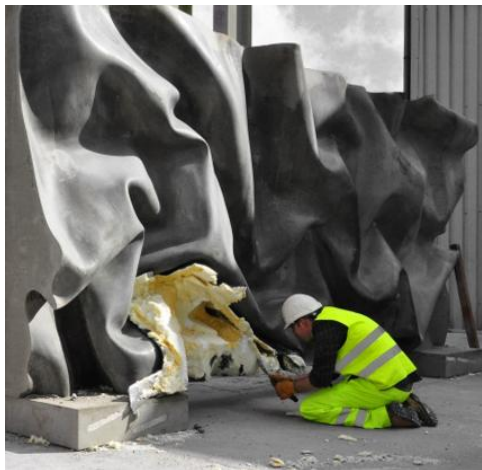


Figura II.166 Pieza del escultor Walter Jack *Crusehedwall* 2007. Figura II.167 Detalle de pieza realizada a partir de volúmenes elaborados al llenar piezas de tela escultura realizada por Ofir Zucker

La pieza de Walter Jack “Crushedwall” –figura II.166- fue obtenida por el pliegue de una lámina gruesa plástica posteriormente rigidizada con espuma de poliestireno y encofrado metálico para rigidizar el conjunto. En la imagen un operario realiza labores de desencofrado de la lámina y el poliestireno dejándose ver un relieve nítido -ver Figura II.166.- Otro ejemplo de pieza realizada si recurrir al barro es la obra de Ofir Zucker que rellena con hormigón cavidades realizadas con textiles generando texturas inusuales en el hormigón.- véase la Figura II.167-.

II-9.6 Piezas mediante construcción del encofrado por paneles de madera o metálicos.

La manera más tradicional de la ejecución de esta técnica es el logro de un volumen mediante la construcción de un encofrado. Este suele ser de madera al ser la solución más económica. La madera ofrece la posibilidad de adaptarse a gran cantidad de formas mediante tableros y planchas dejando una impronta con su veteado muy característica. También se puede realizar con metal pero el coste se eleva y sólo es rentable siempre que se requiera un seriado de las mismas. Dentro del capítulo VI en el apartado de Jorge Chillida encontramos el seguimiento de una obra de gran volumen realizada en esta técnica, en la que podemos ver de un modo gráfico cómo se realiza este tipo de esculturas.

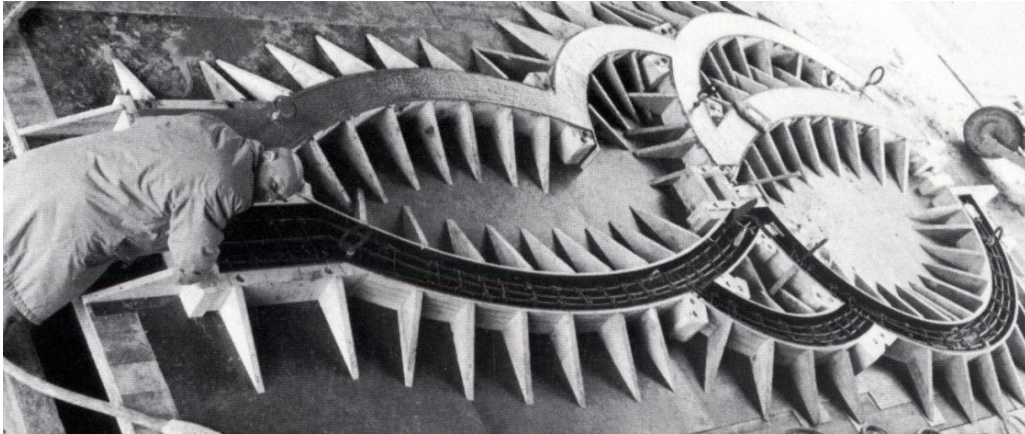
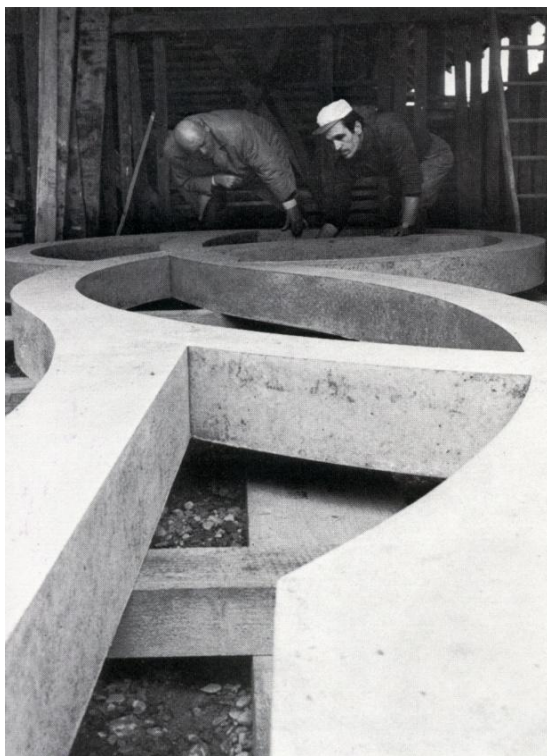


Figura II.168 Proceso de realización de encofrado de madera en mesa de la escultura “Figure III” realizada en 1969 por Hans Aeschbacher, ubicada en Uster. Todos los cartabones de madera están dispuestos como contrafuertes al empuje del hormigón líquido. Se aprecian también como el artista ha dispuesto unos anclajes para poder facilitar el transporte una vez fraguado.



Figuras II.169 y 2.170 Detalles de acabado con el escultor y la pieza una vez ya colocada Hans Aeschbacher, *Figure III*, 1969



Figura II.171 FGJ. *Atento al cielo*, 2000. Cemento portland con áridos negros y pigmento negro para hormigón. Realizada a partir de un encofrado de paneles fenólicos dando una textura muy lisa al tacto. Los dos cuerpos están reforzados interiormente por un varillaje cruzado para evitar posible rotura en su parte central.

II-9.7 Tratamientos superficiales de esculturas realizadas en hormigón.

Una vez fraguado el hormigón y endurecido con al menos dos semanas (si utilizamos cementos estándar), desencofraremos la pieza y quedará con un aspecto de lechada de cemento en su superficie, por lo que en general se realizan tratamientos superficiales para su acabado final. El más corriente es aplicar con cepillo de cerda dura ácido clorhídrico rebajado al 50% con agua para retirar esa primera capa de lechada y dejar ver el árido. Una vez aplicada se lava con cepillo y agua para que el ácido cese de reaccionar.

Además de este sencillo tratamiento existen distintos acabados, que se desarrollan posteriormente.

II-9.7.1 Pulido de la Pieza.

El pulimento de la superficie mejora la conservación de la pieza pues la hace un poco más impermeable pero con la misma porosidad. También se le pueden aplicar más fácilmente pátinas y productos para su conservación, etc. Para un buen pulimento de la pieza es recomendable que el árido que elijamos tenga una dureza semejante a la del cemento fraguado, de otra manera al proceder con el abrasado de la pieza, la textura no quedará uniforme, el agente pulidor comerá más la materia más blanda.

Si son áridos más duros que el cemento utilizado, en el procedimiento mecánico sobresaldrán de las partes con más cemento y si por el contrario el árido es más blando - no recomendado en ningún caso - quedarán concavidades. Los áridos más recomendables son los procedentes de rocas calizas y en especial los marmóreos.

El tiempo y trabajo que destinemos al pulimento dependerá mucho de la textura que tenga el molde: cuanto más liso sea el molde, menos trabajo. Como es lógico, no se recomienda el uso de moldes rugosos si la textura deseada es lisa.

Una vez endurecida la piedra transcurridas al menos dos semanas podemos comenzar el trabajo de pulido superficial. Es recomendable realizarlo por fases, del siguiente modo. El primer paso será un primer pulido y un repaso con mortero fino de la misma mezcla para tapar todos aquellos poros que aparezcan. Después se repetirá este procedimiento hasta la completa eliminación de los poros, a no ser que se busque esta textura. Si se quiere un acabado más metálico se puede continuar pudiendo endurecer la parte más superficial con aditivos procedentes de silicatos o fluato de magnesio y posteriormente se realiza una segunda fase de pulimento. El pulimento se puede hacer mecánico o al modo tradicional con muñequilla y polvo de vidrio para pulir disuelto en agua o cenizas de estaño, cal de pulir disueltos en alcohol, este procedimiento conlleva mucho más trabajo pero consigue mejores resultados.



Figuras II.172 y 2.173 Detalles de operarios puliendo una superficie de hormigón.

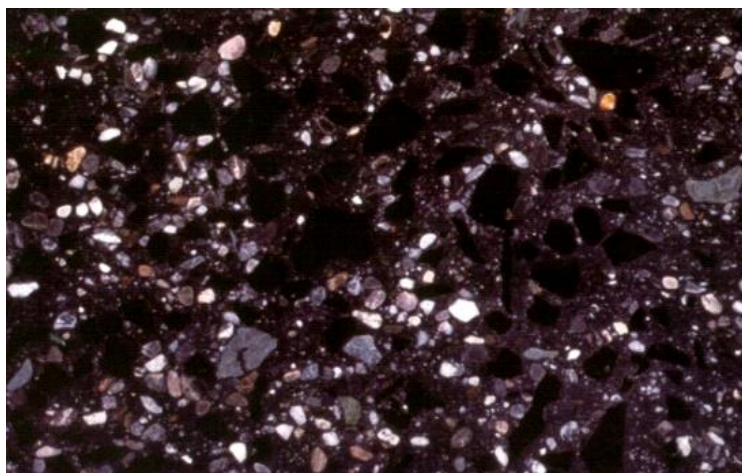


Figura II.174 Textura superficial de hormigón pulido.

II-9.7.2 Piezas vaciadas y posteriormente talladas.

Este tipo de técnica es sumamente grata para aproximarnos a resultados semejantes a los conseguidos con la talla en piedra con el beneficio de que no es necesario el desbastado del bloque inicial, dado que nuestro molde inicial lo asemejaremos lo más posible a la forma final a conseguir.

Una vez desencofrada, realizaremos el tratamiento manual o mecánico superficial que deseemos para su terminación de gradina, puntero, cinceles, escofinas, martillina, etc. Un ejemplo de esta técnica es la escultura de José Luís Sánchez en el Hospital Gregorio Marañón.⁵²



Figura II.175 José Luís Sánchez *hospital del Gregorio Marañón de Madrid*, 1989.

⁵² José Luís Sánchez. Escultor español. (Autor que posteriormente se desarrollará en los capítulos IV y VI, dentro del apartado, Sánchez, José Luis).

Una vez terminada la pieza y endurecida, al hormigón se le puede tratar por impacto tanto con chorros de alta presión de agua, arena o por medios mecánicos como martillos hidráulicos con distintas puntas, desde bailarinas a punteros.



Figura II.176 Ejemplo de terminaciones en liso y al chorro de arena



Figura II.177 y 2.178 Terminaciones al chorro de arena con árido más grueso y fino.



Figura II.179, 2.180 2.181 Árido de sílice utilizado para el impacto, la boquilla del chorro y silo del árido de chorro e impulsores y mangueras del mismo.



Figura II.182 Textura de picado con puntero.



Figura II.183 Textura de picado ligeramente con bailarina.



Figura II.184 Textura con martillo hidráulico y puntero en escultura de Vaquero Turcios. “*Monumento al descubrimiento de América*” Tal como se aprecia, durante el tratamiento de la superficie se ha llegado a la armadura.

II-9.7.3 Recubrimientos exteriores del hormigón

No es buena solución recubrir el hormigón. El hormigón ya de por sí es bello y debería evitarse su recubrimiento -salvo para casos excepcionales-. Si ha de hacerse, se recomienda que la pieza no esté a la intemperie o en un clima cálido, dado que existen grandes posibilidades de desconchamiento si la fijación no ha sido realizada correctamente.

Para la realización de esta técnica, siempre que intentemos anclar algo al hormigón lo haremos mediante fijaciones metálicas de acero inoxidable a ser posible, o bien por pastas o pegamento de primera calidad.

Al hormigón se le puede recubrir con cualquier material, si es con piedra se realizará normalmente en lajas y éstas deberán ser ancladas a él mediante anclajes metálicos o pueden ser pegadas mediante mortero o cemento cola.

El hormigón se pueden recubrir con revocos de áridos del color deseado, cemento blanco y pigmento, también pueden ser enfoscados con cemento normal esto se realiza comúnmente para homogeneizar la textura visual de una pieza.

Lo normal después de enfoscar es pintar pues el color del enfoscado habitual no es muy agradecido. Existe una gran cantidad de pinturas en el mercado que se adaptan perfectamente al hormigón con composiciones diferentes para ser utilizadas en cualquier ámbito, dado que la pintura es muy posible que con el tiempo se descascarille no se recomienda que se utilice si la pieza va a estar instalada en el exterior.



Figura II.185 y 186 Agustín Ibarrola “Cubos de la Memoria”, 2002/2007.

Una guía práctica de la utilización de pinturas sobre hormigón la facilita El Instituto del Cemento Portland Argentino, al publicar la traducción autorizada del informe *Guide for Painting Concrete*” y de la Norma *ACI Recommended Practice for the Application of Portland Cement Paint to Concrete Surfaces*, ambos preparados por el Comité 616 del *American Concrete Institute*⁵³

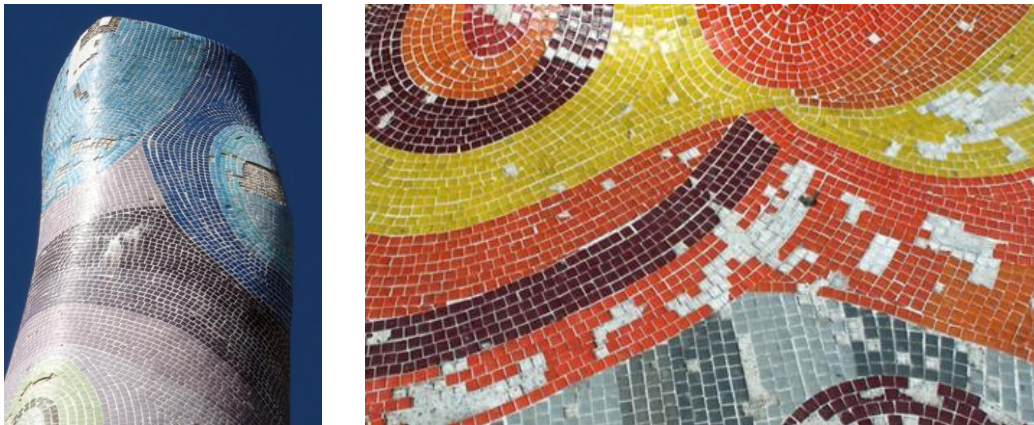
Esta guía de utilización pública, nos enumera los distintos tipos de pinturas existentes para la aplicación sobre hormigón, con sus ventajas y desventajas. Es muy útil en el caso que se

⁵³ VVAA (2011) *Pinturas para hormigón, Traducción autorizada de (Recommended Practice for the Application of Portland Cement Paint to Concrete Surfaces)* [en línea] Buenos Aires :ICPA. [Fecha de consulta 12/03/2014] . <http://www.icpa.org.ar/publico/files/pinturas_hormigon.pdf>

quiera utilizar este tipo de materiales sobre el hormigón aconsejándonos qué tipo de pintura se debe utilizar en cada caso dependiendo de qué materiales esté compuesta nuestra pieza y en qué lugar se ubique.



Figuras II.187 y 2.188 Teselas de nácar pegadas con resina y escultura de Joan Miró *‘Mujer y Pájaro’*.1983.



Figuras II.189 y 2.190 Ejemplo de recubrimiento y desconche de teselas en escultura “Árbol”, del ingeniero de montes Pedro Palacios Tejada y la ceramista María Huarte Rozas.1995.

Un ejemplo de la utilización de piezas de hormigón recubierto, son las recubiertas con teselas, pegándolas al mismo mediante *cemento cola*, en las imágenes superiores -figuras II.189 y II.190- vemos un claro ejemplo de desconchamiento de las mismas, siempre se produce si la pieza está expuesta a las heladas como es el caso, este tipo de técnicas solo se recomienda para piezas de interior o para aquellas con un mantenimiento continuo.

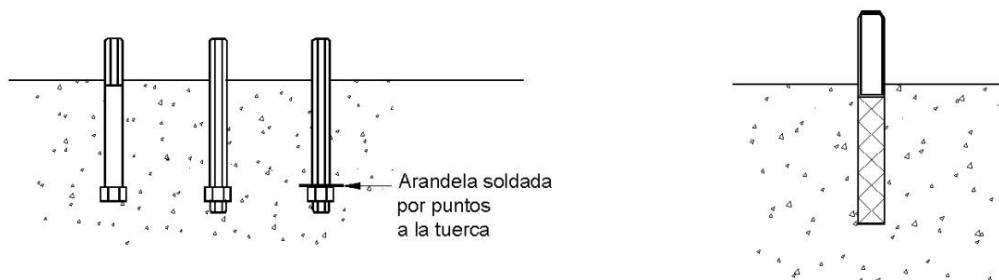
II-9.8 Tipos de anclajes, enganches y fijaciones del hormigón.

En muchas ocasiones las piezas realizadas en hormigón tendrán que ser fijadas a paramentos verticales, horizontales o bien necesitaremos de algo con qué asir la escultura para ser transportada con seguridad. Existen gran variedad de anclajes en el mercado y de muy diversas patentes. Los anclajes se pueden dividir en dos clases:

- 1- Aquellos que están embebidos y hormigonados *in situ*
- 2- Los que son colocados una vez ha endurecido el hormigón.

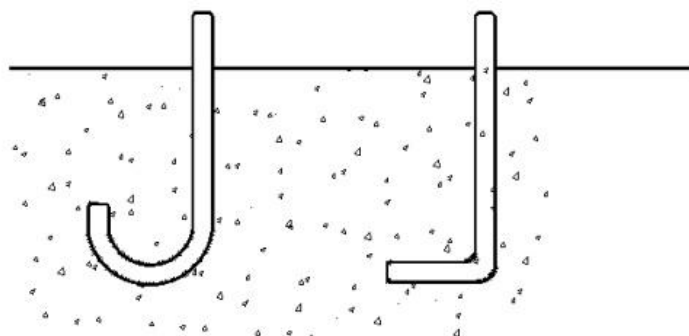
Si se pueden realizar *in situ* antes de hormigonar quedarán totalmente unidos a la masa y normalmente su ejecución y coste es más fácil y barato. Pero no por ello los sistemas de fijaciones en hormigón endurecido son peores. Habrá situaciones en que debamos esperar hasta el último momento para saber dónde deben ir colocados, en las que no quede más solución que usar este tipo de enganche.⁵⁴

Piezas embebidas *in situ*.



Bulones salientes con tuerca

Barras salientes corrugadas o roscadas



Barras salientes en J o en L

Figura II.191 Tipos de anclajes de piezas embebidas.

⁵⁴ Esta información se puede contrastar en VVAA. (1990). *Informe sobre el estado del arte de los anclajes en hormigón informado por el comité ACI 355** [en línea]. Argentina: ACI. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_355-1R-91.pdf>

Soluciones rápidas y económicas pero con el inconveniente que son fijas y si se retiran se quedan a la vista.

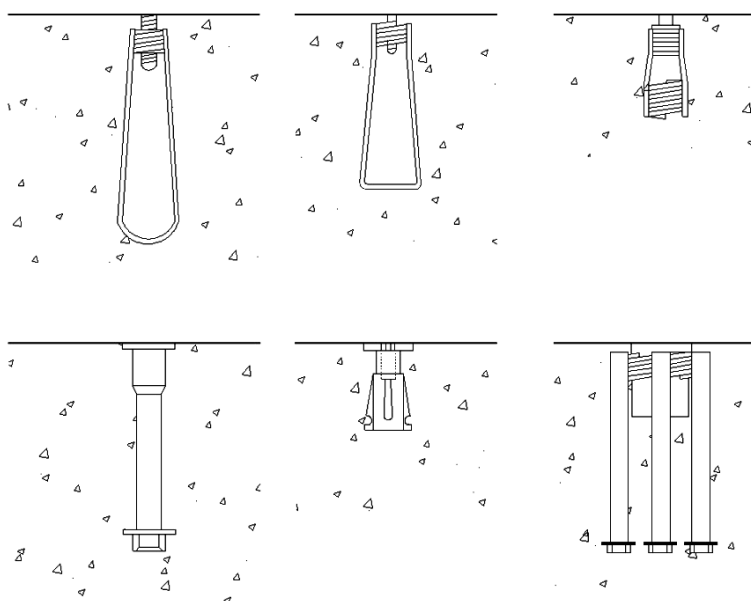


Figura II.192 Camisas embebidas. Son ideales para anclajes de transporte una vez utilizadas se rellenan y no quedan vistas.

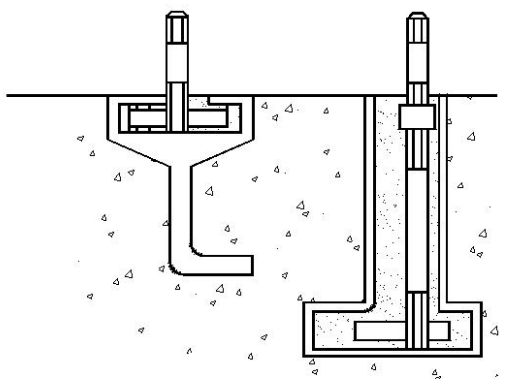


Figura II.193 Camisas embebidas regulables. Son más versátiles y pueden ser ocultas a posteriori.

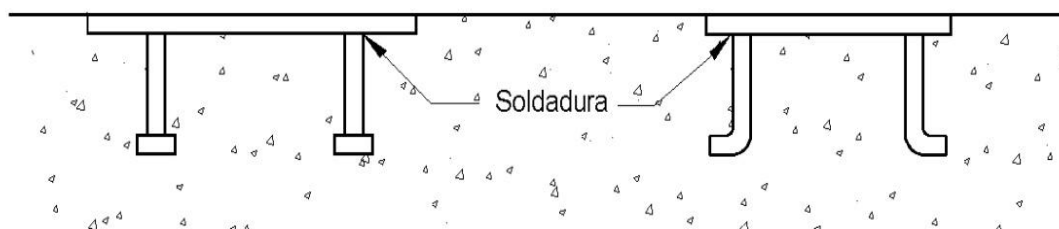


Figura II.194 Las placas de anclaje son las más resistentes. Pueden llevar en su parte exterior anclajes o pernos, o bien pueden ser lisas para ser soldadas; su inconveniente es que son las menos ocultables.

Piezas para taladros posteriores

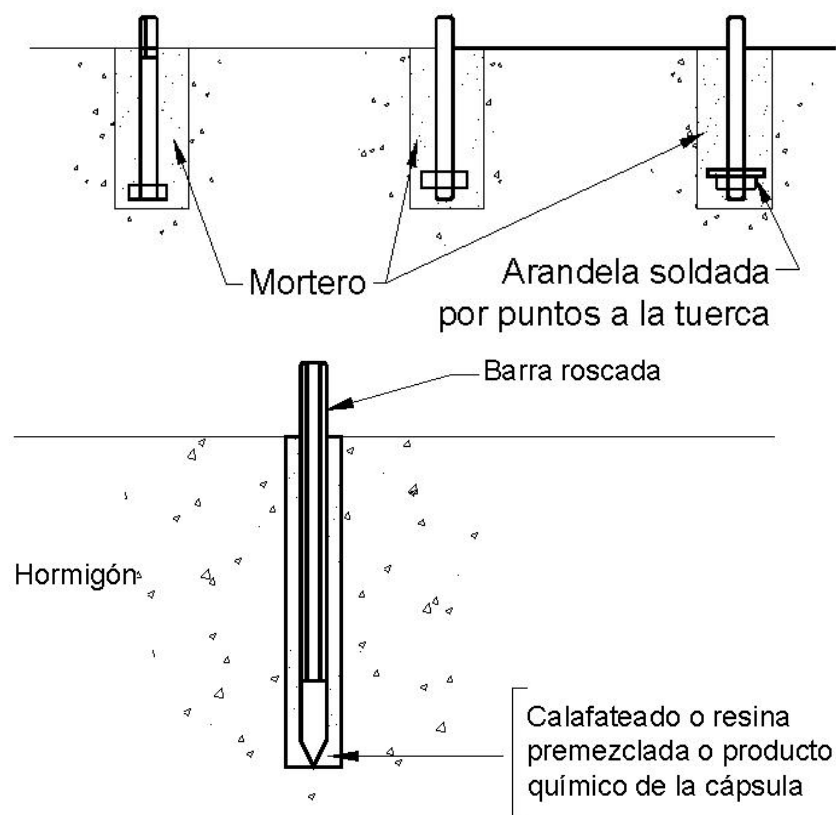


Figura II.195 Los anclajes no embebidos se pueden rellenar con mortero de anclaje o bien con resinas; tienen la ventaja de poder ser puestos a posteriori.

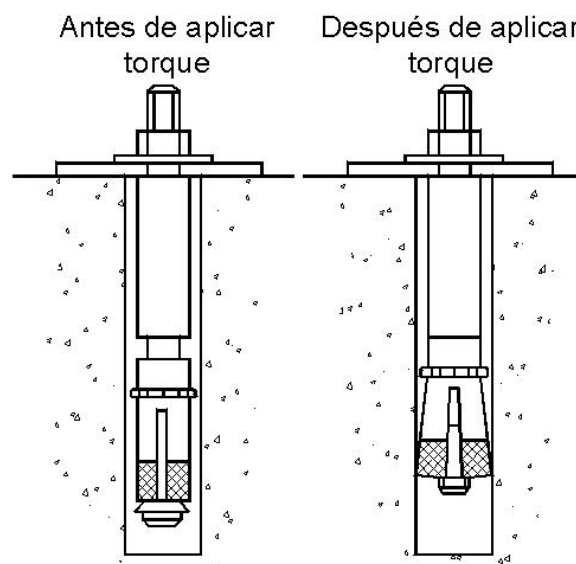


Figura II.196 Anclajes mecánicos de pernos con camisa metálica y cuña de presión, también pueden ser ocultados posteriormente a su uso.

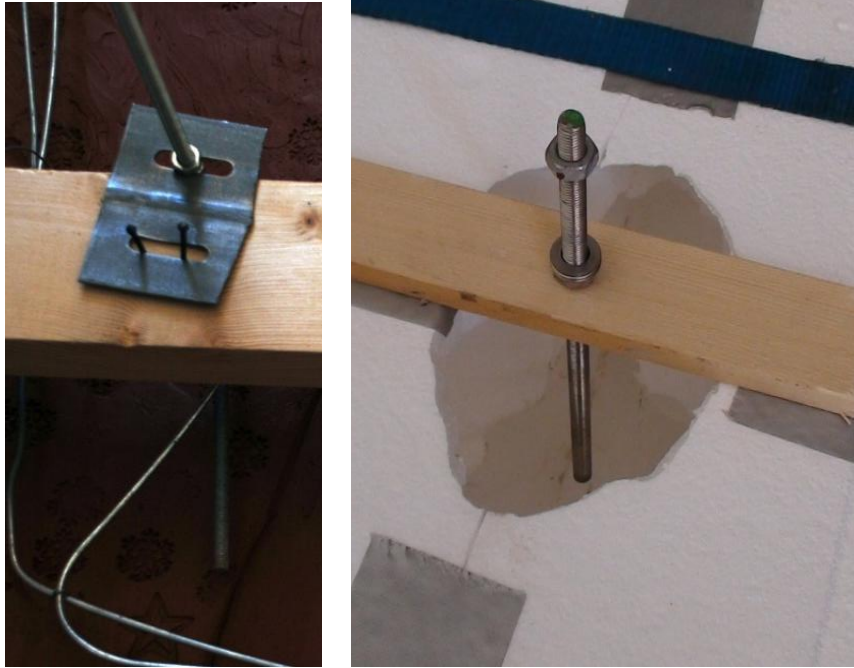


Figura II.197 Detalles de inserción en molde para ser embebidos una varilla en L roscada y perno roscado.

II-9.9 Incrustaciones

Cualquier tipo de material que coloquemos pegado en la superficie del encofrado o molde quedará visto después de una pequeña limpieza de la lechada. Se recomienda incrustar materiales resistentes, al menos con durezas semejantes al hormigón; y se deberá realizar vigilando que los laterales del objeto incrustado queden absorbidos por la masa del hormigón para evitar el posterior descuelgue y la buena adherencia. Si su forma es roma y no tiene capacidad de agarre se recomienda colocar algún gancho de agarre a la pieza. No se deben de colocar, como es lógico, materiales que mermen las calidades del hormigón.



Figura II.198 escultor José Luis Sánchez realiza incrustaciones metálicas en sus relieves de hormigón. En esta ocasión se realizó con latón y cobre. *Relieve hotel Barajas*. Madrid, 1968.

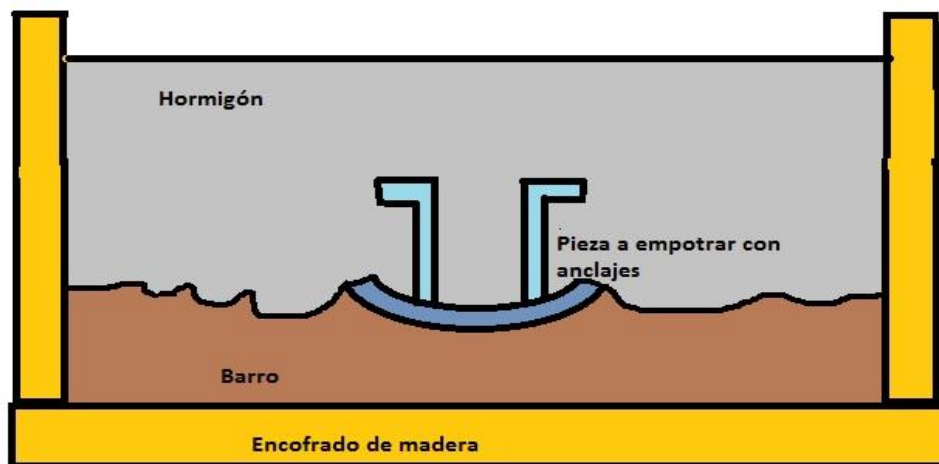


Figura II.199 Ejemplo de empotramiento de una pieza

En la imagen vemos una sección de un relieve realizado en negativo en barro, se ha dispuesto una cama de barro dentro de un encofrado de madera, sobre el barro se ha realizado el modelado en negativo y se ha incorporado la pieza a empotrar.

La pieza a empotrar dispone de dos patillas a modo de gancho para realizar el anclaje, posteriormente se vierte el hormigón y una vez fraguado se retira el encofrado y el barro sobresaliendo del hormigón la pieza empotrada.



Figuras II.200 a,b y c, Rafael. H de Caviedes . *Relieve para el Instituto del Frio*, 1966.

Ejemplos de relieves realizados en hormigón por el artista Rafael Caviedes⁵⁵ en el cual incrusta piezas de piedra cerámica y vidrio y en ocasiones, si el volumen es grande, ancla mediante pletinas metálicas.

⁵⁵ Rafael . H de Caviedes nace en Madrid en 1930 tiene estudios inacabados en Arquitectura, Filosofía y Bellas Artes. En su obra prima la abstracción en vidriería, la pintura mural y en escultura realiza grandes tallas de madera y relieves en hormigón con incrustaciones de todo tipo.

II-10 Gunitado como técnica de aplicación en la escultura de hormigón

La técnica de *gunitar* consiste en proyectar el hormigón a gran velocidad sobre una superficie mediante el bombeo del mismo de forma neumática, por una manguera hasta una boquilla por la cual es lanzado.⁵⁶

Previamente al gunitado necesitamos generar un volumen aproximado de la pieza que queramos realizar. Este volumen se podrá hacer mediante poliestireno expandido o mediante estructuras metálicas, tal como haríamos antes de colocar el barro para un modelado en barro, pero con la diferencia que para que el hormigón proyectado no atravesase la malla deberemos colocar una lona o geotextil para que se retenga y no se desperdicie masa.



Figura II.201 Ejemplo de superficie en estado previo al gunitado.

En los últimos años la técnica del gunitado en hormigón ha crecido exponencialmente dado que abarata costes, evita realizar en masa las esculturas bajando radicalmente el peso de las mismas y se pueden realizar en un corto periodo de tiempo para volúmenes muy grandes.

La norma UNE 83-600-94 aporta las instrucciones básicas y elementales para abordar su realización y los materiales utilizados, así como la nomenclatura y los términos técnicos empleados en la técnica.

⁵⁶ Esta información se puede ampliar y contrastar en VVAA.(1994). *Hormigón Gunitado*. [en línea]. Madrid: AENOR [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0007401&PDF>>

II-10.1 Campos de aplicación en la escultura.

La aplicación del mortero proyectado se extiende por completo a los campos de ingeniería civil y de edificación, pero, como muchas otras técnicas, puede ser aplicado en Bellas Artes. Esta técnica está especialmente indicada para piezas escultóricas de gran tamaño. Se puede proyectar sobre algo sin necesidad de encofrado, sobre un elemento base o estructural interno que sustente la pieza. Se puede proyectar aplicándolo a capas finas, poco a poco dando al final un espesor considerable. Una vez proyectado se puede manipular antes de su fraguado para modelarlo y darle así el tratamiento y la textura deseada.

Con el gunitado se pueden abaratar obras de gran tamaño, que serían las idóneas para utilizar el hormigón o mortero proyectado en sustitución de la piedra o incluso en sustitución del hormigón macizo. En este último caso, las ventajas se centran sobre todo en el abaratamiento de la obra, dado que se utilizaría muchísimo menos material. Al mismo tiempo, el peso de las piezas disminuye considerablemente, ya que sólo se formaría una cáscara y desaparece el encofrado o molde.



Figura II.202 Pieza de tematización en el momento previo al gunitado.

En general las ventajas son:

- el peso sería muy inferior, pudiendo llegar a imitar la textura pétrea perfectamente, dando la última capa de mortero proyectado con los tintes y posteriormente rematado con la textura de imitación a la pieza deseada.
- no tendríamos que utilizar ni canteros, ni grúas, etc. y reduciríamos todos esos inconvenientes que tiene la piedra de gran tamaño, al tener que estar continuamente utilizando medios auxiliares de gran coste.

- En sustitución de la piedra en obras de gran formato desaparece la retícula de las juntas entre sillares.
- Otra gran ventaja del hormigón y mortero proyectado es la rapidez de ejecución, donde en obras de gran volumen es uno de los condicionantes fundamentales.

El procedimiento más lógico para la utilización del hormigón y mortero proyectado dentro del campo de la escultura sería:

- Primero para realizar un volumen aproximado de la pieza final se puede tallar en poliestireno expandido la figura un poco más reducida para que posteriormente se proyecte el mortero dando el volumen final y, estando fresco, manipular la pasta para dar el tratamiento a la superficie y la textura deseada. Para evitar el rebote se debe forrar antes de armadura y tela de gallinero o similar.
- Otra manera de realización es la de crear una estructura metálica generando desde una estructura inicial simple hasta finalmente crear una maya metálica, creando prácticamente la pieza a realizar sobre la cual se proyectarán el mortero o el hormigón.
- Posteriormente y en ambos casos, mientras esté fresco se realiza la manipulación y textura deseada o modelado final.

Las posibilidades de realización de una superficie base sobre la cual proyectar el hormigón definitivo son infinitas. Así, por ejemplo, se puede proyectar sobre montones de arena con una forma determinada y luego sustraer de dentro la misma; también puede hacerse mediante hinchado de que globos de la forma deseada, proyectado dentro de ellos y posteriormente retirado de los mismos, pudiéndose repetir esta operación tantas veces como el globo aguante. En la actualidad se realizan depósitos de almacenamiento y viviendas de primera necesidad en el tercer mundo de esta manera.

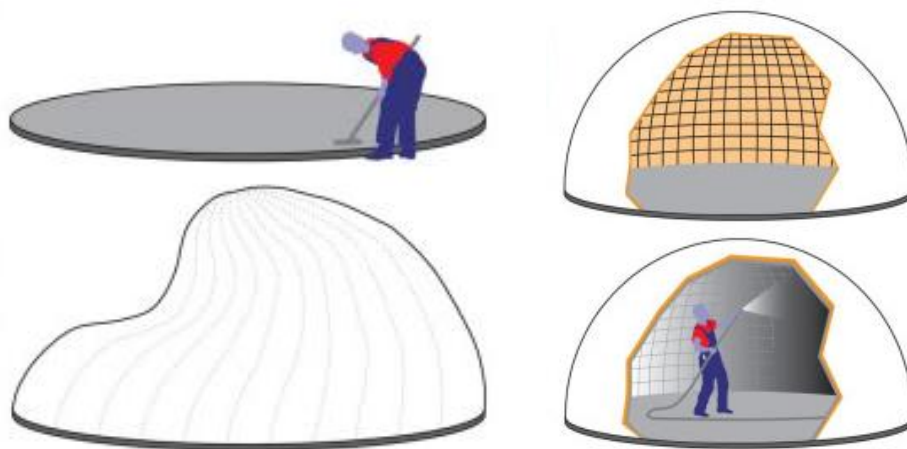


Figura II.203 Esquema de cómo realizar un volumen esférico mediante el proyectado sobre un volumen hinchado. Se realiza la base, se infla la superficie a proyectar se realiza una estructura de retícula metálica se proyecta el gunitado y una vez fraguado se retira el molde hinchable pudiéndose repetir el proceso.

Actualmente este tipo de técnicas son muy utilizadas en parques temáticos para la realización de todo tipo de imitaciones a piedra, imitaciones de cantería, fábricas de todo tipo, e incluso formas y texturas orgánicas.



Figura II.204 y 2.205 Esculturas realizadas en hormigón proyectado con textura de acabado de pintura de piedra envejecida.

Este tipo de esculturas, muy utilizadas en piezas a gran escala, se realizan normalmente a partir del escaneo de piezas modeladas a escala; posteriormente se imprime en láminas de poliestireno expandido la figura seccionada a la escala definitiva, considerando y descontando el grosor aproximado del hormigón a gunitar una capa de 10cm con mallazo incluido de hormigón proyectado.



Figura II.206 Digitalización y malla 3D y seccionado virtual de la pieza.



Figura II. 207 Una vez cortadas las láminas mediante monitorizado, se construye la pieza en el tamaño ampliado para gunitar.



Figuras II.208, 2.209 y 2.210 Proceso pieza de tematización gunitada.

El procedimiento habitual para este tipo de piezas es el siguiente: Primero se talla el poliestireno expandido, mientras se realiza la estructura interior de acero, ya in situ se monta el conjunto y

posteriormente se gunita encima del poliestireno expandido preparado con el mallazo. Una vez fraguado se procede al texturizando. Otro uso que se le está dando es la realización de rocódromos deportivos, llegando en algunos casos a dar imitaciones a piedra casi perfectas.



Figuras II.211 y 2.212 Rocódromo en San Sebastián de los Reyes y de la Universidad de Valencia realizado en técnica de hormigón gunitado imitando a piedra.

Para concluir, podemos decir que los acabados más típicos en esta técnica serían:

Terminación en mortero pigmentado o sin el tipo revoco⁵⁷ y modelado.

Terminación en mortero modelado pintado al acrílico, silicato, cloro caucho o epoxi.

Terminación al mortero y posteriormente chapado normalmente con trozos de azulejería con morteros de fijación.

Así pues, en definitiva, la técnica del hormigón proyectado tiene tantas posibilidades dentro de la escultura como ideas se generen para utilizarlas. Pero debe tenerse presente que la técnica no es de fácil utilización, que se necesita una gran destreza, cuidados en su fabricación, grandes medios auxiliares, profesionales cualificados y experimentados en la materia.

Especialistas en tematizaciones y esculturas en gunitado en España son:

*Pavimentos online.*⁵⁸ *Rocarte.*⁵⁹

⁵⁷ Revoco es un enfoscado que adquiere su color con el árido y pigmentos si se requieren,

⁵⁸ VVAA.(2012). *Gunitados y Pavimentos*. [en línea]Valencia :[Fecha de consulta 03/04/2013]

<http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>

Existen dos métodos de aplicación que vienen reflejados en la norma UNE 83-600-94.

Vía seca y vía húmeda.

En el de **vía seca**, la mezcla se realiza en seco hasta la boquilla de salida donde se incorpora el agua antes del lanzamiento.

En el de **vía húmeda**, los componentes del hormigón son mezclados, incluso el agua, antes de ser enviados por la manguera, excepto el acelerante que se incorpora en la boquilla en el momento de ser proyectado.

En la vía seca se utilizan aditivos aceleradores en polvo o líquidos, en la vía húmeda solamente los líquidos.

Según Don Alejandro Santaolaya⁶⁰ experto en realización de esculturas para tematización, recomienda la vía seca en piezas de gran volumen mientras que la vía húmeda para piezas pequeñas (unos 30 metros cuadrados de superficie a proyectar).

La norma UNE 83-600-94 compara así estas dos técnicas de gunitado:

“Comparativamente, estos métodos presentan las siguientes características:

Ventajas de la vía seca.

1. Menor coste del equipo.
2. Flexibilidad.
3. Sencillez de instalación, manipulación y mantenimiento.
4. Es posible una relación agua cemento más baja.
5. Las interrupciones no causan problemas.
6. Mayores distancias del equipo hasta la boquilla de proyección.

Desventajas de la vía seca.

1. Relación agua cemento variable (depende de la habilidad del aplicador).
2. Más polvo.
3. Mayor desgaste.
4. Mayor rechazo.

⁵⁹ .VVAA.(2012) *Gunitados* [en línea]. Valencia: Rocarte [Fecha de consulta 03/042013].
<<http://www.rocarte.com/esculturas/>>

⁶⁰ Alejandro Santa Olaya es un maestro fallero y experto en escultura realizada en hormigón proyectado y modelado *in situ*, ha realizado gran cantidad de parques temáticos especialmente en la Comunidad Valenciana.

5. Precisa más aire comprimido.

Ventajas de la vía húmeda

1. Menor rechazo.
2. Ambiente más limpio, no se produce polvo.
3. Precisa menor cantidad de aire comprimido.
4. Alto rendimiento, pero sólo cuando se emplea un manipulador automático, robot.
5. Dosificación de agua controlada, relación de agua cemento constante y determinada.
6. Menor desgaste.

Desventajas de la vía húmeda.

1. Mayor coste del equipo.
2. Mayor coste de limpieza.
3. Interrupciones limitadas, (tiempo de fraguado del hormigón ya mezclado.)
4. Distancia de transporte del equipo a la proyección limitada.⁶¹

II-10.2 Conceptos básicos para la práctica de la técnica del gunitado en la escultura.

En todos los casos hay que tener en cuenta que se debe ir haciendo por zonas de poca superficie unos dos metros cuadrados por operario, dado que sólo tenemos una hora aproximada para el modelado definitivo, ya que a partir de la hora la pasta se vuelve más arenosa y no permite ser trabajada en condiciones.

Un procedimiento habitual es que el grosor definitivo de la capa de mortero sea de unos diez centímetros. Primero demos una primera capa con un mortero más vasto y una segunda definitiva con un mortero más fino incluso tintado con el que modelaremos la textura superficial final.

Dependiendo del tipo de composición de la masa a proyectar lo podríamos dividir en dos tipos de uso escultórico:

Convencional con utilización de cemento, áridos, convencionales y aditivos⁶².

Con fibras, con los mismos materiales de los apartados anteriores y con incorporación de fibras. Son hormigones a los cuales se les añade fibras metálicas o poliméricas para mejorar sus propiedades mecánicas (normalmente usado si se necesitan esculturas de poco espesor y máxima resistencia).

Los materiales utilizados como componentes del hormigón o mortero proyectado son los mismos que los del hormigón o mortero convencional, pero el árido no superará los 25mm de diámetro para no atorar la manguera ni la boquilla. Podrá ser de origen rodado, de machaqueo o mixtos clasificados en diferentes tamaños generalmente en fracciones de 4 en 4 mm(0-4-8-12-16-20-24mm). Hay que tener en cuenta que a mayor tamaño del árido mayor posibilidad de

⁶¹ VVAA (1994), *UNE 83-600-94. 1º*, Ed Madrid: AENOR. Ministerio de Fomento. Pag 5, 6 y 7.

⁶² Como aditivos se recomiendan los tixotrópicos aumentando al adherencia del mortero a la base sobre la cual se proyecta y no descolgándose.

rebote por lo que no deberemos exceder de un 12% del tamaño máximo, la relación final entre cemento árido no superará 1:3 pues las resistencias bajan significativamente. La dosificación más usual es de 350 Kg a 400 Kg de cemento por metro cúbico de árido.

Al hormigón se le podrán añadir fibras tanto metálicas como procedentes de polímeros para mejorar sus propiedades. Las fibras se pueden utilizar tanto por vía seca como por húmeda y normalmente el contenido en fibra está entre el 2% y el 5% en peso de la mezcla; dependiendo de la necesidad del mismo se empleará más o menos. Siempre es recomendable hacer unas pruebas con anterioridad para ver qué tipo de rebote o adherencia tiene la mezcla.

La incorporación de fibras de acero⁶³ modifica las propiedades de la masa fresca, reduciendo al mismo tiempo la fisuración y el incremento de las propiedades estructurales del hormigón o mortero endurecidos.

Las fibras favorecen las características mecánicas del hormigón tanto en dureza, como en plasticidad y resto de propiedades mecánicas como flexión, tenacidad o cortante. Aumentando considerablemente las propiedades del hormigón se pueden realizar secciones inferiores aumentando la ligereza de la pieza. En el momento de la mezcla evitaremos aglomeraciones, grumos o erizos de las fibras favoreciendo una buena mezcla entre el resto de los componentes.

La relación agua/cemento oscila entre el 0,3 al 0,6 variando por la humedad de los áridos y la finura de los mismos.⁶⁴

Utilizaremos cementos del tipo 1 categoría 35 y 45 o resistentes al agua de mar (MR) si es el caso. No es recomendable utilización de cemento tipo V.

Deberemos tener cuidado tanto en la dosificación de salida⁶⁵ como la velocidad de proyectado para que no se produzca rebote o rechazo al lanzarlo o bien que con posterioridad se descuelgue (ese material rebotado o descolgado no se podrá volver a utilizar y habrá de ser desechado).

La velocidad de proyectado varía con la distancia a proyectar y el fluido con el que lo hagamos pudiendo llegar a 90m/S de velocidad.

⁶³ Hay que realizar pruebas preliminares si se utilizan fibras de acero pues en esculturas al exterior pueden aparecer manchas por oxidaciones.

⁶⁴ Tendremos muy en cuenta el grado de humedad en el método por vía seca que si la humedad del árido supera el 6% puede generar compactaciones dentro de la manguera y atorarla.

⁶⁵ Se refiere a que en el momento de salida en la boquilla tenemos varios parámetros variables que manejamos con la boquilla como agua en la vía seca si nos excedemos o nos quedamos cortos podemos generar rebote, si es en vía húmeda, si al incorporar el acelerante con el aire comprimido aportamos mucho o poco también se puede generar rebote deberemos de hacer pruebas con estas variables antes de proyectar nuestra.

Al hormigón gunitado es usual añadirle acelerantes para evitar descuelgues; estos están compuestos de una base química de silicatos, los aluminatos y sus dosificaciones varían entre el 2% y el 8% si son aluminatos y entre el 10% y el 15% si son silicatos.

Los pigmentos se añadirán en su última capa.

No gunitaremos a temperaturas inferiores a 10 °C ni superiores a 30 °C.

En la Proyección deberemos tener las siguientes consideraciones:

1. Comenzaremos a gunitar por la parte baja e iremos ascendiendo y cubriendo la estructura. Así evitaremos que el rebote se fije en zonas no proyectadas aún.
2. Iremos realizando capas entre 5 y 10 cm formadas por varias pasadas siendo estas uniformes y sin coqueras. Nos fijaremos que el hormigón sale por la boquilla de forma continua sin trompicones. Si pasa demasiado tiempo entre capa y capa deberemos limpiar y humedecer la capa anterior antes de dar la siguiente proyección.
3. Al proyectar nos dispondremos a una distancia para que de la boquilla se encuentre entre 0,5 m y 1,5 m y la colocaremos de forma perpendicular a la zona de proyección si variamos el ángulo aumentará el rechazo de la masa.

Procuraremos que al inicio del gunitado el hormigón llegue y colme la parte en la que se adhiere y que según incrementa su grosor éste vaya quedando macizo sin oquedades incluso detrás de las armaduras o mallas estructurales que sustenten el volumen generado.

Fijaremos las armaduras adecuadamente al soporte y éstas no excederán de diámetros superiores a 12 mm. Si esta armadura tiene doble capa deberemos colocar la primera capa de armadura, gunitar, y posteriormente colocar la segunda para volver a gunitar, de esta manera evitaremos oquedades.



Figura II.213 Gunitadora por vía húmeda *Turbosol* con tolva de 200l remolcable.

Si el hormigón va a sostener mucho peso o estará sometido a cargas, se recomienda que sus áridos no superen los 12mm y que las armaduras estén bien protegidas con un recubrimiento por parte del hormigón superior a tres centímetros.



Figuras II.214 y 2.215 Gunitadora por vía seca remolcable y robot de gunitado, con bomba autoportante y estacionaria.

II-11 Hormigón modelado directo.

La pasta del hormigón sin fraguar es muy dúctil y poco estable por sí sola. Necesita una base para poder sustentarse, por lo que no puede modelarse en volumen sin un apoyo.

Para realizar esculturas con cemento directo a modo de piel o corteza, utilizaremos una estructura de sustentación construyendo los volúmenes definitivos. Esa estructura se puede realizar de distintas maneras; las dos maneras más comunes son mediante estructura metálica de acero dulce o poliestireno expandido forrado.

En ambos tipos deberemos realizar un volumen estructural lo más parecido al volumen final, con dimensiones un poco menores calculando la capa de hormigón que le suministraremos. Tanto para volúmenes obtenidos por poliestireno expandido como por varillas de acero dulce, la zona de contacto la realizaremos con tela de gallinero de alambre malla, por ser muy fácil de manejar y moldear.

En el caso de volúmenes generados por poliestireno expandido lo forraremos con una maya de PVC. Aplicaremos primero una capa de hormigón basto y rugoso para que cubra toda la pieza acompañada de aditivos tixotrópicos para evitar descuelgues.

Si se pretende una escultura más liviana después de forrar con una maya de pvc, el volumen de poliestireno expandido se puede aplicar un mortero de restauración con fibra⁶⁶, con este tipo de morteros podemos alcanzar espesores de mortero de tan solo dos centímetros con una gran capacidad de resistencia.

⁶⁶ Un ejemplo de este tipo de morteros de restauración con fibras son los comercializados por la marca COPSA con los que se alcanzan buenos rendimientos.



Figura II.216 Fotografía de la escultora mejicana Alicia Peñalba en plena realización de escultura de hormigón de modelado directo en la que se puede observar como aparece aún la armadura y está en proceso de aportación de una primera capa de hormigón basto.

Una vez seco, no deberá aportarse más hormigón, dada la más que posible aparición de fisuras. Por ese motivo, la primera capa de hormigón es rugosa porque más que posiblemente cuando terminemos de dar la primera capa se haya comenzado el proceso de fraguado en las primeras zonas de aplicación. En una segunda capa y ya definitiva se hará con más tiento y con un modelado más cuidado con la textura que se desee formando la piel de la escultura. La primera capa también se puede aplicar con Mat (pequeñas tiras de fibra de vidrio) que quedarán ocultas con la segunda capa.

El ideal de realización sería que la colocación de ambas capas fuese sucesiva y no hubiese secado entre ambas para lo cual utilizaremos retardadores de fraguado y mantendremos siempre húmeda la pieza entre ambas aplicaciones evitando retracciones y desconches posteriores por falta de ligado entre ambas capas. Si se utilizara cemento aluminoso, se requiere rapidez para la práctica de esta técnica, y conviene realizarlo con una dosificación normal de una parte de cemento por tres de árido fino para evitar descuelgues y facilitar el modelado.

II-12 Vaciados en hueco con hormigón.

Este tipo de vaciados se realizan sobre un molde rígido normalmente de escayola a molde perdido o bien sobre elastómero si es para más de una reproducción. La técnica es similar a los vaciados en hueco con resinas pero al utilizar un material húmedo deberemos tener algunas prevenciones.

Si utilizamos escayola conviene impermeabilizarla previamente con un par de manos de goma laca y practicarle una fina mano de desencofrante antes de la aplicación del hormigón.

Unos ejemplos de desencofrantes para esta acción pueden ser :

Sika EN, Sika D, Sika V.

Pieri CIRE C-42, Pieri DECOBIO S-32

MapeiDisarmante 2000, Disarmante 3000.



Figuras II.217 y 2.218 Dos fotografías que detallan como el escultor John W. Mills realiza una escultura en vaciado en hueco con mortero de cemento aluminoso y fibra de vidrio.

Esta vez como la capa es delgada⁶⁷ deberemos utilizar un supercemento o bien un cemento aluminoso. Con este tipo de cementos el hormigón alcanzará unas grandes resistencias iniciales y finales con respecto de un hormigón normal.

⁶⁷ Los espesores normales son de 1 a 2 cm pero se pueden hacer superiores si se arma la escultura o si el volumen general es muy grande.

Aplicaremos una primera capa o capa de textura. Si se quiere un máximo registro, habremos de dar una capa de lechada con pincel de cemento de unos 3 mm, pero si deseamos una textura más porosa aplicaremos la masa directamente realizando un poco de presión para evitar oquedades. Una dosificación normal para este uso es una parte de cemento aluminoso por tres partes de árido, pudiéndose reducir un poco en árido si requerimos más definición y dureza.



Figura II.219 Ejemplo de dos esculturas realizadas por Henry Moore vaciadas en hueco con hormigón realizado con cemento aluminoso *Figura recostada*.

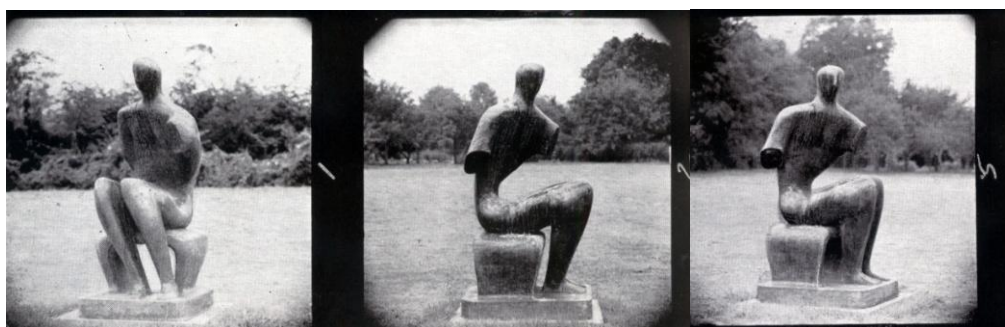


Figura II.220 Ejemplo de dos esculturas realizadas por Henry Moore vaciadas en hueco con hormigón realizado con cemento aluminoso *Figura sentada*.

Una vez aplicada esta capa mortero se incorpora a una lechada con el *mat*⁶⁸ de modo que se van aplicando las pequeñas láminas de fibra a la vez que con una pequeña brocha se le aplica lechada de cemento. Si se quiere reforzar aún más alguna parte aérea o que vaya a tener mayor carga de lo normal se puede armar doblando una vara de acero y adosándola al hormigón, pegándola con *mat* a modo de vendas impregnadas en lechada totalmente vestido para evitar la corrosión de la armadura. El proceso normal es aplicar otra capa de *mat* y una capa definitiva de mortero llegando así al espesor definitivo. Se podrá repetir el proceso si se requiriese mayor espesor. Para el pegado de las piezas del molde aplicaremos una lechada con pincel en la línea de separación y procederemos a unir las mediante *mat* y lechada, y aplicaremos presión entre los moldes, posteriormente habrá que realizar un reparo para quitar todas las rebabas y sobrantes en las líneas de junta.

⁶⁸ Pequeñas piezas de unos tres por tres centímetros de tela de fibra de vidrio.



Figura II.221 Retirada del molde mediante maza y cincel o formón por John W, Mills.

Cuando la pieza es cerrada cargaremos de masa con mucha lechada a ambos lados de las piezas incluso mojando un poco el borde y juntaremos cerrando con presión. Durante los dos primeros días se deberá mantener el molde en lugar fresco y húmedo; lo ideal es tapar la totalidad de la pieza con trapos húmedos y cerrarlo todo dentro de un plástico.

II-13 Hormigón celular

El hormigón celular es un hormigón ligero que se consigue realizando un mortero al que se le introducen burbujas de aire. Se obtiene con una mezcladora especial a la que se le aporta aire comprimido y un agente espumante.

Este tipo de hormigones se pueden realizar tanto en obra como en fábrica. Habitualmente en fábrica se realizan bloques o paneles para la construcción, en obra se utiliza para rellenos en los que no se quiere aportar peso o en forjados livianos. Como aplicación escultórica ya fue utilizada por Oteiza en pequeño formato tallándolos y añadiéndolos alambres en algunas ocasiones, siendo su talla muy cómoda de realizar.



Figura II.222 Oteiza, *Formas lentas cayéndose y levantándose en el laberinto*. 1957

Es un material frágil y poco resistente a largo plazo en el exterior por lo que no se recomienda para este tipo de obras si se pretende su permanencia en la intemperie.

Se pueden realizar tallas en bloques siendo un material muy económico y fácil de tallar con utensilios simples de cantería y carpintería pues se deja serrar incluso. Como material para ser vaciado es un poco más caro. Lo más lógico sería realizarlo en una planta de producción del mismo o el alquiler de una máquina para fabricarlo si se quiere realizar in situ.

La textura aportada por este material se asemeja mucho a la piedra pómez y como al resto de los hormigones se le puede dar un color determinado en su dosificación.

Para obtener una capa exterior más porosa se debe de quitar la capa de lechada o la más inmediata al molde haciendo aparecer los huecos proporcionados por las burbujas, esto se puede conseguir mediante medios mecánicos o químicos.

Como medios mecánicos podemos utilizar métodos abrasivos como chorros de arena, lijás, discos de radial, etc. Métodos de impacto como los de cantería punteros, cinceles, etc.

Mediante procedimientos químicos con la aportación a las superficies de ácidos como el clorídico, este tipo de actuaciones pueden variar el color del material por lo que se recomienda hacer pruebas previas para conocer la reacción cromática.

Las densidades varían por la cantidad y tamaño de las burbujas interiores y pueden estar entre 0.3 y 1.4 Kg/Dm³, dependiendo fundamentalmente de la densidad que se obtenga también varía su resistencia a la compresión entre 0.5 a 7 N/mm².⁶⁹

⁶⁹ Datos facilitados por VVAA, (2012) *Hormigón Celular* [en línea] Italia: Italcementi Group, [Fecha de consulta 10/03/2014] . < www.fym.es>



Figura II.223 y 2.224 , Oteiza, *Estudio de relieve* 1956-1958 y Oteiza, *Figura, D/1953*. 1953.

Existen distintas empresas de fabricación de hormigón celular. Un ejemplo de ellas:

Fabricación de bloques. YTONG⁷⁰ y CELCON⁷¹

Fabricación in situ. DRAGASER⁷²

⁷⁰ VVAA.(2013) YTONG.[en línea] Duisburg :XELLA INTERNACIONAL [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.ytong.es>>

⁷¹ VVAA.(2013). *Hormigón*, .[en línea] Santiago de Chile :CELCON. [Fecha de consulta 10/03/2014] < <http://www.celcon.cl/>>

⁷² VVAA(2013) *Dragaser*[en línea],Las Palmas de Gran Canaria :GRUPO DRAGASER. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.dagraser.com>>

II-14 Seguridad y salud en la elaboración de esculturas de hormigón

Para terminar, conviene enunciar algunos consejos de seguridad sobre el trabajo en hormigón.

- Realizaremos los trabajos en un lugar ventilado.
- Siempre que se utilice cemento en el momento de la dosificación, mientras esté seco deberemos tener mascarilla así como si utilizamos áridos con finos.
- El cemento en polvo o húmedo no podemos tocarlo sin guantes o protectores grasos ya que el cemento absorbe la grasa y la humedad de la piel provocando dermatitis y graves lesiones en la piel si su uso es continuado.
- Una vez terminado el trabajo, deberemos lavarnos bien y retirar todos los restos que pudiesen quedar en la piel.
- No se debe tocar directamente con los dedos la fibra de vidrio. Llevaremos guantes y siempre que la utilicemos nos pondremos mascarilla.
- Si las piezas alcanzan pesos mayores de veinte kilos deberemos de usar faja de sujeción en la cintura, guantes y calzado de seguridad contra impactos.
- Cuando se utilice maquinaria como amoladoras, lijadoras o chorros de arena, deberemos seguir las indicaciones de seguridad que indican cada una de ellas.
- Nos tomaremos el tiempo necesario para realizarlas. En este tipo de trabajos se requiere concentración y todos los materiales cerca para resolver los avatares que nos impone la técnica.

Capítulo III

Últimas investigaciones del material con aplicaciones en la escultura

Capítulo III Últimas investigaciones del material con aplicaciones en la Escultura

III-1 Hormigón Polímero

Recientemente se están introduciendo en la mezcla del hormigón los polímeros. Con esta nueva técnica se pueden realizar láminas de hormigón más delgadas y con menor peso. La técnica se basa en realizar láminas de hormigón de alta calidad y posteriormente al secado se le aplica *gel coach*¹ en su parte exterior, A dicho gel se le pueden añadir fibras o pigmentos.

Previamente a la aportación del gel, al polímero del hormigón se le puede haber realizado una textura dibujo o similar mediante el molde que posteriormente será tamizado con la cubrición del gel.

Este tipo de mezcla de materiales está especialmente indicado para la resistencia en climas adversos, pues la fusión entre ambos genera un objeto con resistencia a la humedad y las heladas.

De las empresas que destacan en soluciones en hormigón polímero son:

*ULMA*²: empresa española afincada en el País Vasco.

*Hormigón Polímero Herna*³: empresa española afincada en Navarra.

III-2 Imitación a piedra mediante tintados

Como se ha comentado, la coloración del hormigón se puede aplicar tanto en su formación como en la mezcla de sus componentes siendo pigmentos secos o tintes líquidos, normalmente a base de componentes de origen metálico o mineral que no alteran el endurecimiento del hormigón ni el resto de sus condiciones físicas, incluso a veces las mejoran. Este tipo de colorantes dan una textura homogénea y correcta si se mezcla bien, aleatoria si la mezcla es corta o precipitada en el último momento, arriesgándose a un resultado fallido si no se realiza adecuadamente. Para conseguir un acabado pétreo una vez ha comenzado el hormigón a endurecer, se le pueden aplicar externamente unas sales metálicas que penetran en las primeras capas del hormigón a través de sus poros. Estos compuestos reaccionan con el hormigón especialmente con los compuestos del cemento y quedan insolubles dando unos resultados discontinuos y jaspeados con gran parecido al acabado pétreo.

El resultado de la imitación a piedra depende mucho de la pericia y práctica del artista. En este tipo de operaciones se recomienda que si el objetivo es un acabado pétreo realista, se hagan pruebas antes de realizar el tintado en la escultura definitiva. Esta técnica de policromado solo se puede ejecutar en superficies gunitadas, modelado directo o bien en superficies de hormigonado en plano para esculturas procedentes de vaciados o moldes, pues al ser

¹*Gel coach* es una solución estable de resina de poliéster.

² VVAA. (2012), *hormigón polímero*. [en línea] 2012. Bilbao: ULMA [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.ulmapolimero.com >

³ VVAA. (2013). [en línea]. *Hormigón polímero*. Navarra: Herna. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.polimerosherna.com>

desmoldadas una vez fraguadas, no surte efecto dado que el pigmento se le aplica cuando comienza el fraguado y en esta técnica nos lo impide el molde o encofrado.

III-3 Color en el hormigón base

El hormigón tiene muy buenas características pero su color grisáceo se hace monótono y más aún en un mundo hecho de hormigón como en el que vivimos, por lo que modificarlo ofrece otro tipo de vista del mismo que rompe esa estandarización. El color en las esculturas de hormigón se puede obtener de dos maneras, o bien a base de policromía posterior a su ejecución, o incorporando en su masa antes del fraguado pigmento o tinte que modifique su color.

Para que un pigmento cumpla bien su función como tal en el hormigón, debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe proporcionar un color distinto al de la masa de hormigón habitual.
- Debe ser estable con el resto de los componentes del hormigón y no reaccionar con ninguno de ellos.
- En la realización de la mezcla se debe integrar bien con el resto de elementos.
- Una vez fraguado debe cumplir su misión de aportar un color determinado y estable en el tiempo sin deteriorarse con los elementos, particularmente la luz que normalmente es el factor más agresivo, junto con el oxígeno del aire y la contaminación.

Los pigmentos inorgánicos, procedentes de extracciones minerales, se calcinan para su estabilidad, pudiendo ser tierras para colores ocreos o minerales óxidos.

Los pigmentos obtenidos por reacciones químicas son los más utilizados por su estabilidad y por su uniformidad. Dentro de los cuales podemos destacar los óxidos de hierro negro, rojo y amarillo que son respectivamente el Óxido Ferrosoférico Fe_3O_4 , el Óxido Férrico Fe_2O_3 y el Hidróxido Ferroso $\text{Fe}(\text{OH})_2$.

Para el resto de colores se utilizan el Óxido de Cromo para tonos verdes, el Aluminato de Cobalto para coloraciones azules y el Dióxido de Titanio para blancos.

El pigmento no debe sobrepasar el 6% del peso del cemento en la dosificación, según el informe 43 del IECA⁴(Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones). La dosis con la que se alcanza la máxima coloración desde la cual no se puede generar más incremento de coloración, es de tres kilos de pigmento por cada cincuenta kilos de hormigón.

⁴VVAA . (2001), “Estudio sobre la variación del color y la durabilidad en hormigones vistos con adición de pigmentos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental”. *Cuadernos INTEMAC* , nº 43 del tercer trimestre 2001. Madrid: INTEMAC.

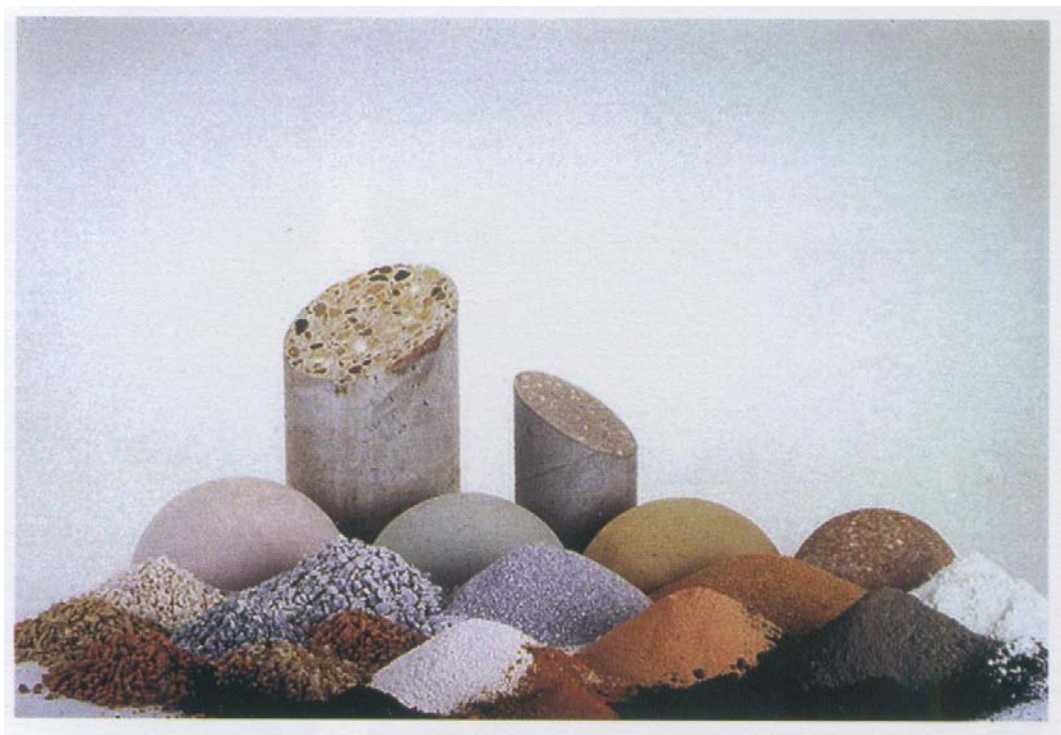


Figura III-1 Tonalidades que pueden conseguirse con la utilización de diversos pigmentos.

En un estudio del INTEMAC, (Instituto Técnico de Materiales y Construcciones), dentro de las investigaciones que se realizan sobre el color en el hormigón, se nos advierte de la proporción a aplicar de pigmento:

“Cuando se prepara una mezcla de hormigón con cantidades crecientes de pigmentos, se observa que la intensidad del color aumenta inicialmente de forma lineal hasta llegar un punto a partir del cual el aumento de tonalidad por unidad de colorante adicionado es prácticamente nulo, a este punto lo definimos como “Punto de Saturación”. Si empleamos cantidades de pigmento superiores al punto de saturación no obtendremos una intensificación cromática. Es muy importante que se conozca exactamente el porcentaje de pigmentación óptimo, porque así se consumirá solo la cantidad de pigmento estrictamente necesaria para obtener la coloración deseada.

En cualquier caso no debemos rebasar como vienen en las instrucciones y normativas el seis por ciento del peso en colorantes”⁵.

⁵VVAA . (2001), “Estudio sobre la variación del color y la durabilidad en hormigones vistos con adición de pigmentos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental”. *Cuadernos INTEMAC* , nº 43 del tercer trimestre 2001. Madrid: IINTEMAC Pág. 10.

Incluyo aquí las conclusiones sobre pigmentos que se toman en el INTEMAC reflejadas en el cuaderno n°4 del cuarto trimestre que versa sobre Color y textura en el hormigón estructural:

“Conclusiones sobre el uso de pigmentos:

- La utilización del cemento blanco aporta luminosidad a los tonos.
- En obra se obtienen excelentes coloraciones con 2% de pigmento en cementos grises PA-350.
- Se recomienda el uso de pigmentos inorgánicos frente a tierras naturales.
- La obtención de colores pastel obliga al uso de cementos blancos y pigmentos naturales.
- El grado de saturación para los pigmentos artificiales está sobre el 5% (cemento blanco) y el 7% (cemento gris), para todos los pigmentos, excepto el negro (2-3 %).
- La relación agua/cemento es de difícil solución. Más agua = mayor Luminosidad de color. Más cemento = mayor resistencia
- El pigmento debe ser suministrado de la misma partida, estar perfectamente seco y conservado.
- Debe introducirse, en seco, mezclado con cemento o parte de los áridos (nunca la arena).
- El personal que fabrique el hormigón de una obra ha de ser siempre el mismo, con exactitud en la pesada y con los mismos métodos.
- El cemento, los áridos y las arenas han de tener la misma procedencia, con acopios de los últimos suficientes para toda la obra.
- El hormigonado continuo debe extremar la interrupción de los tajos y el cuidado con las condiciones ambientales.
- Se deben elaborar muestras de color previas.
- Comprobar la compatibilidad con otros aditivos.
- El encofrado ha de estar perfectamente limpio y tener en cuenta la distinta absorción de agua de las maderas según el número de puestas.
- Los encofrados totalmente estancos originan concentraciones de aire en forma de grandes burbujas.
- El tiempo de vibrado ha de ser el justo.
- Hay que usar desencofrantes especiales (hacer pruebas previas).

— Tan pronto como el hormigón sea desmoldado, se debe proteger el hormigón con tratamientos incoloros superficiales.

— Las obras con más altas proporciones de hormigones vistos, tanto interior como exteriormente, pigmentados con verde o azul luz han incrementado el presupuesto en un 0,5 % y 1 % respectivamente ” . ⁶



Figura III-2Carta de colores orientativa para el hormigón impreso.

También incluyo las conclusiones obtenidas en el cuaderno nº 43 del tercer trimestre del 2001 del INTEMAC, investigaciones sobre “Estudio sobre la variación del color y la durabilidad en hormigones vistos con adición de pigmentos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental”.

“Como resumen de las consideraciones presentadas pueden establecerse las siguientes conclusiones:

Las variaciones de las coordenadas cromáticas analizadas en hormigones con adición las conclusiones rezan así:

1. De pigmentos inorgánicos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental, consisten fundamentalmente en la disminución

⁶PEREZ LUZARDO, José Manuel. (1992). *Color y textura en el Hormigón estructural*. Madrid : INTEMAC. Pág. 30.

de la luminosidad (dando tonos más pálidos) y en la reducción de la saturación de color (resultando tonalidades mas apagadas). Este envejecimiento es más acusado en las tipologías de hormigón fabricadas con cemento blanco (BL II 42,5 R). Igualmente el efecto se manifiesta en mayor extensión en los hormigones que incorporan pigmentos, respecto a sus respectivos patrones sin adición de pigmento.

2. De los cuatro tratamientos de exposición aplicados, el de conservación en cámara húmeda es el único en el que se mantienen estables los parámetros cromáticos. La exposición a ciclos de humedad—secado apenas produce alteraciones en los hormigones patrón sin pigmento, pero en los hormigones pigmentados pone de manifiesto una disminución de la viveza de los colores y tonos más pálidos. Estas mismas alteraciones se producen de una forma más intensa durante los tratamientos de exposición a la intemperie y a la radiación ultravioleta llegando a generar una significativa destonificación del color, especialmente cuando se emplea pigmento rojo.
3. El sistema de limpieza aplicado al finalizar los envejecimientos, consistente en un cepillado con agua ligeramente acidulada y posterior aclarado con agua destilada, no consigue recuperar el aspecto original del hormigón. En algunos casos la limpieza no solo no revierte a la coloración original, sino que produce el efecto contrario, llegando a producir tonos más desvaídos.
4. La influencia de la incorporación de los pigmentos colorantes inorgánicos en la durabilidad del hormigón se ha evaluado en función de la variación que se observa en los valores de absorción capilar, permeabilidad, porosidad y profundidad de carbonatación. En base a estos parámetros, la incorporación de los pigmentos lleva asociada una disminución de la durabilidad. Esta afirmación se basa en que si se comparan los hormigones que incorporan pigmentos con sus respectivos patrones (sin adición de colorante inorgánico), los primeros presentan una microestructura más porosa y absorbente, con mayor permeabilidad al agua y al CO₂ atmosférico. Este comportamiento defectuoso es más acusado en las tipologías de hormigón fabricadas con pigmento amarillo, cuyo factor de forma y tamaño (presenta morfología acicular) parece modificar la microestructura de la pasta de cemento influyendo negativamente en la durabilidad.”⁷

⁷VVAA.(2001). *Investigaciones sobre* “Estudio sobre la variación del color y la durabilidad en hormigones vistos con adición de pigmentos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental”. *Cuadernos INTEMAC*, nº 43 del tercer trimestre del 2001 Madrid: INTEMAC. Pag 32.

Una vez fraguado, secado y endurecida la pasta, el color del hormigón queda más apagado. Para poder reavivarlo y proteger la pieza del hormigón se puede aplicar una resina de acabado. Normalmente son resinas acrílicas (acetato de polivinilo disuelto en agua) o poliuretano. Se recomiendan las primeras que son con base de agua y de fácil aplicación con un rendimiento de un cuarto de litro por metro cuadrado y pueden ser aplicadas cómodamente con difusores.

En la construcción existe una técnica denominada hormigón impreso, especialmente indicada para pavimentos. Una vez vertido el hormigón y alisado, estando aún fresco el hormigón, se echa el pigmento en seco sobre el mismo y sobre éste se colocan unos moldes con textura imitando despiece de piedra, adoquín, etc., simulando un pavimento tradicional. Esta técnica, sólo puede realizarse en horizontal, por ello no se ha considerado pertinente desarrollarla en esta tesis al no tener aplicación escultórica.

Todas las casas fabricantes de pigmentos tienen sus dos cartas de colores (para cemento blanco y para cemento gris), pero no nos debemos dejar llevar por ellas, siempre tenemos que recordar que el árido también aporta tonalidad, así que si buscamos una color concreto debemos hacer ensayos con distintas dosificaciones hasta que demos con el tono elegido.



Figura III-3 Botes de pigmentos para el hormigón.

Algunos ejemplos de casas suministradoras de pigmentos para el hormigón:

*Serraciments*⁸ casa que se dedica prácticamente en exclusiva a los pigmentos para el hormigón.

*Hogara*⁹ empresa fabricante y distribuidora de pigmentos.

*Oxirein*¹⁰ fábrica de todo tipo de pigmentos también tienen para cemento.

*BASF*¹¹ Chemical company, dispone pigmentos líquidos para hormigón en su gama *RheoCOLOR*.

*Vitrilux*¹² Suministrador de pigmentos en general.

III-4 Prefabricación

Muchos de los escultores que han utilizado y utilizan el hormigón como técnica de realización han optado por recurrir a fábricas de prefabricados de hormigón¹³. El motivo de esta búsqueda de relación con las fábricas era la calidad y el control del material en todo momento. En estas industrias se controla en todo momento la dosificación, temperatura, vibración, mantenimiento, traslados e incluso la instalación a posteriori de la pieza. Normalmente el rendimiento de las plantas de prefabricados está en la repetición de unidades a partir del mismo molde, consiguiendo que queden homogéneas gracias al posterior chorro de arena. En cuanto a las tonalidades se advierte que con la pigmentación en elementos seriados es muy difícil la igualdad de tono por lo que se tiende al pintado de las mismas.¹⁴

⁸. VVAA.(2011). *Pigmentos* [en línea]. Barcelona: SERRACIMENTS. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.serraciments.com>

⁹. VVAA. (2013). *Pigmentos para hormigón impreso*. [en línea]. Madrid: Hogara [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.proyectoshogara.com>

¹⁰ VVAA. (2004). *Pigmentos*. [en línea]. Sevilla: OXIREIN. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.oxirein.com>

¹¹ VVAA. (2008). *Admixtures for Readymix Concrete*..[en línea]. Alemania: BASF [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.admixtures.basf-cc.es>

¹². VVAA. (2014). *Pigmentos universales*. [en línea]. Valencia: Vitrilux [Fecha de consulta 10/03/2014]. <www.vitrilux.es>

¹³ Gran parte de la información recopilada en este apartado ha sido proporcionada por la industria *PREHORCISA*, ubicada en Segovia, durante una visita realizada en marzo del 2012 donde el doctorando fue atendido por Don Luis Ruano, propietario de la misma.

¹⁴ Las pinturas para hormigón es un campo en el que se ha mejorado mucho y que actualmente existen muy buenas pinturas para hormigón para más información en el capítulo II. Apartado II-9.7.3 *Recubrimientos exteriores del hormigón*

Un factor clave en la prefabricación es la velocidad y optimización en la realización de las piezas. Necesitan rapidez de ejecución para utilizar de nuevo el molde y por tanto, los tiempos de fraguado y endurecimiento inicial deben optimizarse; estamos hablando que en 24 horas se pueda desmoldar gracias al empleo de aditivos superfluidificantes, que permiten reducir la cantidad mínima de agua de la mezcla.

Normalmente, para piezas estándar se trabaja con moldes metálicos, pero para superficies más complicadas planteadas por artistas se utilizan moldes realizados con elastómeros. Son los propios artistas los que le llevan el proyecto y ellos lo ejecutan en un ambiente controlado.



Figura III-4 Vista parcial de las instalaciones de PREHORQUISA.

El desarrollo puede ser total o parcial. La empresa puede realizar el proyecto en su totalidad o que el escultor lleve el positivo y el resto se realice en fábrica, con un proceso muy semejante a la realización de una escultura en un taller de fundición, pero esta vez el fluido no es metal sino hormigón.

La clave de la durabilidad de las piezas de hormigón en un proceso de prefabricación, está en mantener una adecuada distancia entre las armaduras y la superficie exterior de la pieza. Manteniendo esos parámetros la pieza es eterna.



Figura III-5 Piezas terminadas con y sin chorro de arena.



Figura III- 6 molde de las mismas.



Figura III-7Mesa de trabajo realizada en acero para encofrados laminares.Figura III-8Detalle de molde liso listo para hormigonar con su doble mallazo, placas de anclaje definitivo y anclaje para poder extraer la pieza del molde y separadores de estrella.

III-4.1 Texturas realizadas en *Prehorquisa*

Es evidente que este tipo de texturas son tradicionalmente utilizadas en el ámbito de la construcción pero perfectamente pueden ser utilizadas por escultores en piezas de gran tamaño

para sustituir si se requiere la tradicional textura dejada por los tablones de pino o también para basamentos de las mismas.



Figura III-9 Textura de retícula con hormigón pigmentado y chorro de arena.



Figura III-10 Dos ejemplos de moldes elastómeros de forma orgánica.

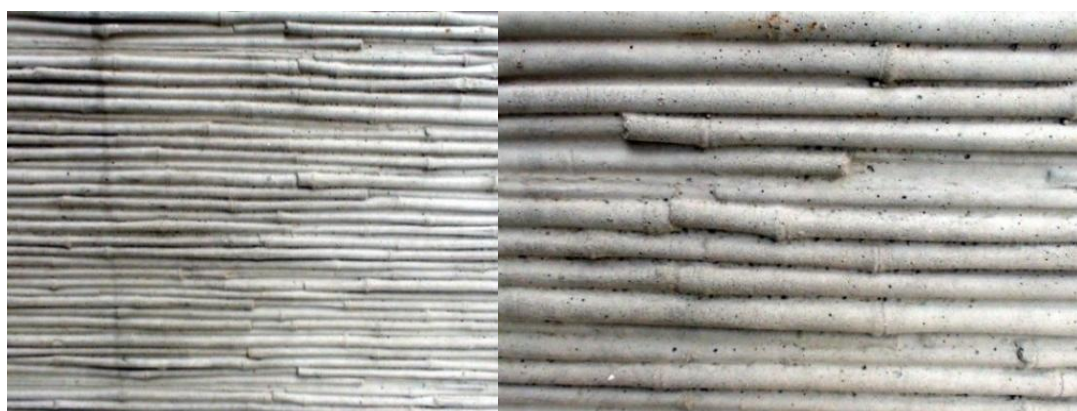


Figura III-11 Ejemplo de textura de cañizo realizada con moldes elastómero.



Figura III-12 Texturas imitación a listones de madera realizados mediante moldes elastómeros.



Figura III-13 Texturas regulares y texturas irregulares imitando a sillería de piedra.



Figura III-14 Textura de hormigón al chorro de arena de canto de machaqueo y “china lavada” mortero de árido de canto rodado con chorro de arena.

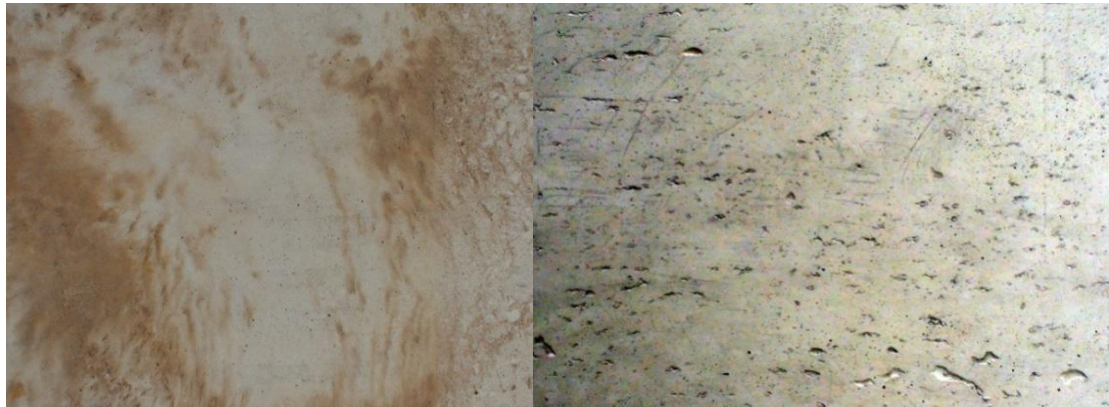


Figura III-15 Textura de hormigón liso al que le han espolvoreado pigmento en el encofrado antes de verter el hormigón y textura imitación a mármol travertino.

III-4.2 Imagen impresa en hormigón.

La fotografía impresa en el hormigón se obtiene de dos maneras:

En el primer procedimiento, se pueden imprimir pliegos cuya tinta de impresión se sustituye por retardadores de fraguado (estos pliegos son económicos pero de un solo uso). Una vez fraguado y desencofrado, se aplica un chorro a presión y las zonas superficiales que han estado en contacto con el retardante se desprenden, de tal manera que queda impresa la imagen.



Figura III-16 Detalle de la precisión con la que se registra una fotografía, a la izquierda vemos la imagen impresa en el hormigón y a la derecha la lámina que coloca en el encofrado con la imprimación de retardante.

La fotografía impresa en el hormigón tiene como inconveniente que la textura dejada por la imagen es muy fina, por lo que no se recomienda para piezas que puedan estar en contacto directo con el público, expuestas al rozamiento, ya que si es prolongado se comporta como abrasión, o a inclemencias meteorológicas continuas y agresivas que ataquen a esa primera capa de la pieza pudiéndose llegar a perder la imagen.

No sólo fotografías se pueden incorporar mediante esta técnica, también podemos realizar planos con texto o con dibujo sustituyendo la tinta por el aditivo de retardador de fraguado



Figura III-17 Sobre esas láminas se puede imprimir un texto, en la foto una lámina con un texto impreso ya habiendo sido utilizada en el encofrado.

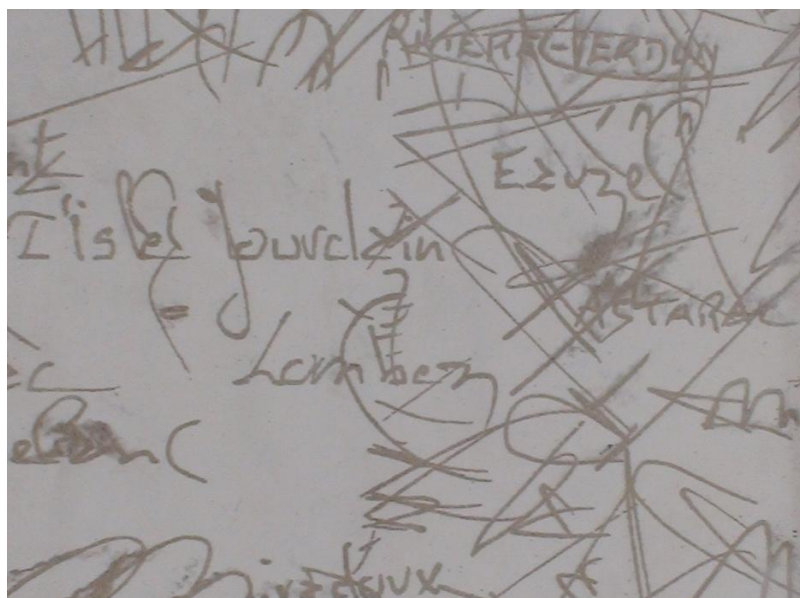


Figura III-18 Detalle de hormigón al que se le ha incorporado grafismos mediante retardadores.

En las -figuras III-17 y 18- podemos ver cómo a base de acetatos colocados en el encofrado, sustituyendo la tinta por un retardante, podemos graficar en la superficie del hormigón, no solo

siendo impresas, también se puede escribir o dibujar directamente en el pliego o molde a utilizar recordando que saldrá el negativo del mismo.

El segundo procedimiento es semejante al anterior: se introducen las láminas en el interior del encofrado en contacto con la superficie que posteriormente será la cara exterior del hormigón. Es recomendable que para que exista más contraste entre el gráfico y la superficie del hormigón elijamos un cemento blanco y un árido oscuro de tal manera que al quitarse la lechada de color en las partes que estén en contacto con el retardador y tras haberle aplicado el chorro de agua a presión, aparecerá el contraste del árido oscuro.

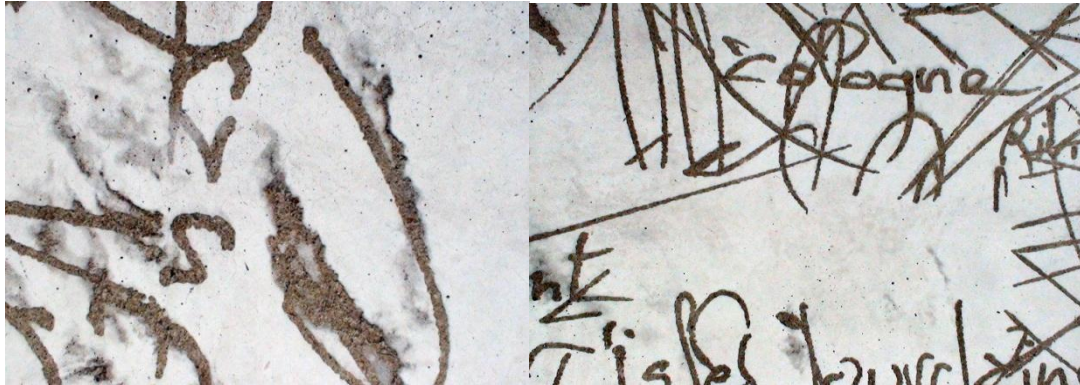


Figura III-19Detalle más cercano de la textura dejada por gráficos obtenidos por la incorporación de retardadores utilizados como tinta en láminas dispuestas en el interior del encofrado.

Se recomienda que este tipo de técnicas estén en interiores bajo cubierto y no al alcance de la mano, para evitar actos de vandalismo, una agresión meteorológica o contaminación, para que este tipo de superficies sea más resistente se recomienda utilizar cementos de gran resistencia y dureza.

La otra manera de obtener imágenes en la superficie hormigonada es mediante el fotograbado.



Figura III-20Planchas de hormigón con fotografía incorporada en su textura superficial mediante fotograbado.



Figura III-21 Detalles del molde elastómero del que se obtuvieron las imágenes en hormigón de las fotografías anteriores.

Cuando la imagen debe ser repetida en módulos se realiza una impresión en un molde elastómero. Este proceso se obtiene mediante el escaneado de una fotografía y un programa informático lo traduce a 256 tonalidades de gris en una *isofoto*.¹⁵ Mediante el ensanchamiento o adelgazamiento de unas bandas, esta imagen de bandas se transforma en un código CNC para que pueda ser leído por una fresadora robotizada que taladra el pliego de elastómero. En la parte superior, los resultados obtenidos por el mismo molde con dos tipos de pigmentación del hormigón.

Las fotos de la parte inferior corresponden al molde elastómero donde podemos ver cómo forma la imagen ensanchado la superficie de acceso del hormigón entre las bandas.

Esta técnica es más resistente que la foto impresión por retardadores teniendo mayor grosor de textura la imagen pudiendo resistir mejor la abrasión por tocado del público y a los agentes atmosféricos, Al igual que la anterior, se recomienda para la ejecución de este tipo de imágenes que el cemento utilizado sea de gran resistencia.

Para tener mayor garantía de que no aparezcan coqueras deberemos usar un aditivo superfluidificante, una dosificación con áridos finos para que puedan penetrar en las hendiduras del molde y ejerceremos un vibrado del molde para forzar la salida de aire almacenado dentro de la pasta de vertido.

La empresa alemana *Reckli* tiene industrializado este proceso de reproducciones fotográficas en hormigón.

¹⁵ Esta manera de obtener imágenes mediante isofotos realizadas por líneas regruesadas era ya utilizada en los años sesenta por el artista de origen húngaro Vasarely (1906-1997) .



Figura III-22 Ejemplo de maqueta de fotolito para la realización de molde y resultado en hormigón; fotografía original procesada de la fotografía para su conversión a datos CNC y resultado obtenido en una plancha de hormigón.

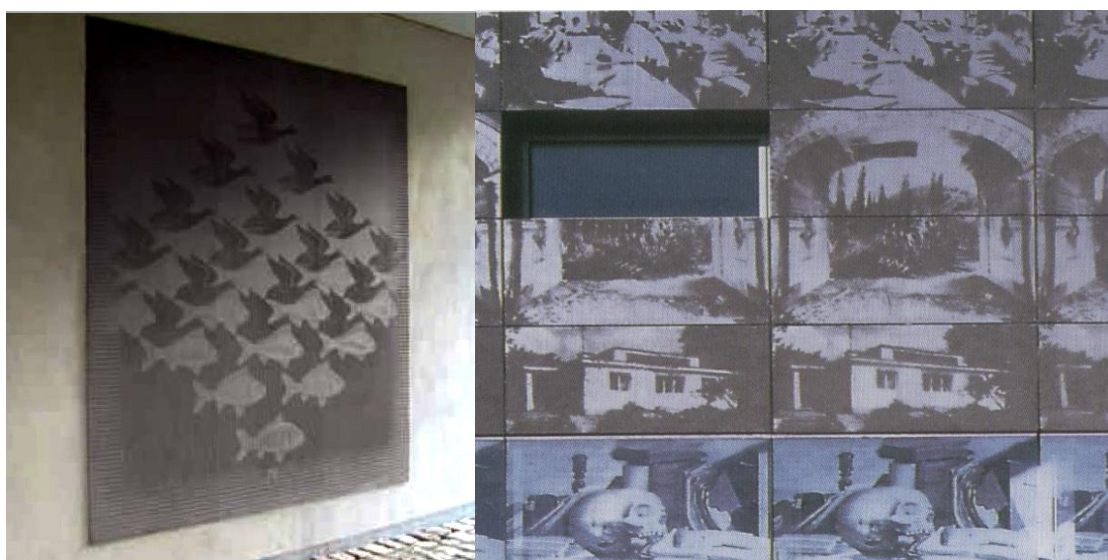


Figura III-23 Ejemplo de impresión de dibujo de *Escher* en hormigón realizado por la empresa *Reckli*. Figura III-24 Detalle de la fachada de la Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Eberswalde, Alemania 1999. Módulos fotograbados con dosificaciones pigmentadas.

Dado que esta técnica solo permite la escala tonal que le conceda establecer el cemento elegido y la dosificación del árido, los arquitectos *Herzog y De Meuron*¹⁶ realizaron cambios de pigmentación en los paneles para así modificar la variedad tonal de la fachada del edificio.

Dentro de cada módulo hay solo una escala tonal. Si se realiza con una única lechada homogénea, el hacerlo con distintos pigmentos sería incontrolado.

¹⁶*Herzog y De Meuron* es un estudio de arquitectos suizos a los que les fue concedido el premio Pritzker en el 2001, y que se caracteriza por la continua búsqueda de nuevas tecnologías y materiales para su aplicación arquitectónica.



Figura III-25 y 26 Ejemplo de fotografía impresa para el Jan Cremer Museum, Ámsterdam, con relieve más pronunciado y del original tomado del bestseller del escritor y pintor Jan Cremer

La misma empresa *Reckli* ha sacado al mercado recientemente otro tipo de fotograbado en el hormigón, esta vez a través de un software que tras el solarizado de una fotografía realiza un relieve virtual de ella que a su vez es traducido a *CNC* para que pueda ser leído por fresadoras robotizadas y éstas realicen el relieve en la plancha de elastómero.

Con este tipo de fotograbado en hormigón se consigue mayor relieve, siendo el molde de mayor grosor y más fuerte, se pueden realizar mayor número de repeticiones de la impresión con una misma plancha matriz.

A su vez, al tener el relieve mayor grosor le hace más resistente a la intemperie y a la abrasión por el contacto directo del público.



Figura III-27 y 28 Detalles del grosor y de la instalación de los paneles.



Figura III-29 Imagen original.



Figura III-30 Molde elastómero.



Figura III-31 Resultado del hormigón fotografado.

En el catálogo *Reckli* podemos observar el proceso de fotograbado con una fotografía original, su resultado en el grabado del elastómero una vez grabado por la fresadora robotizada y su resultado al ser hormigonado.

III-4.3 Texturas realizadas para superficies de hormigón mediante moldes elastómeros de la casa *RECKLI*.

Toda esta variedad de texturas está realizada mediante moldes de elastómero de gran calidad de relieve y durabilidad que pueden ser utilizadas en esculturas de gran tamaño si no se desea que quede impreso el habitual registro de los tableros.



Figura III-32 a 35 texturas de madera



Figura III-36 y 37 texturas abstracciones orgánicas



Figura III-38 a 39 texturas lineares.



Figura III-40 a 42 texturas poligonales.



Figura III-43 Textura orgánica en forma de piel. Figura III-44 textura geométrica

III-4.4 Texturas de celosías de *Villa Rocca*

La empresa alemana *Villa Rocca* situada en Berlín diseña y realiza piezas de todo tipo de formas y usos en hormigón. En las fotografías superiores –Figuras III.45 a 47– se presentan unas celosías realizadas en hormigón blanco. Esta celosía está formada por módulos cuadrados de ochenta por ochenta centímetros y su diseño tiene la particularidad que se pueden ir girando noventa grados en cualquier sentido que los módulos encajan siempre los unos con los otros generando una retícula orgánica similar a estructuras biológicas.

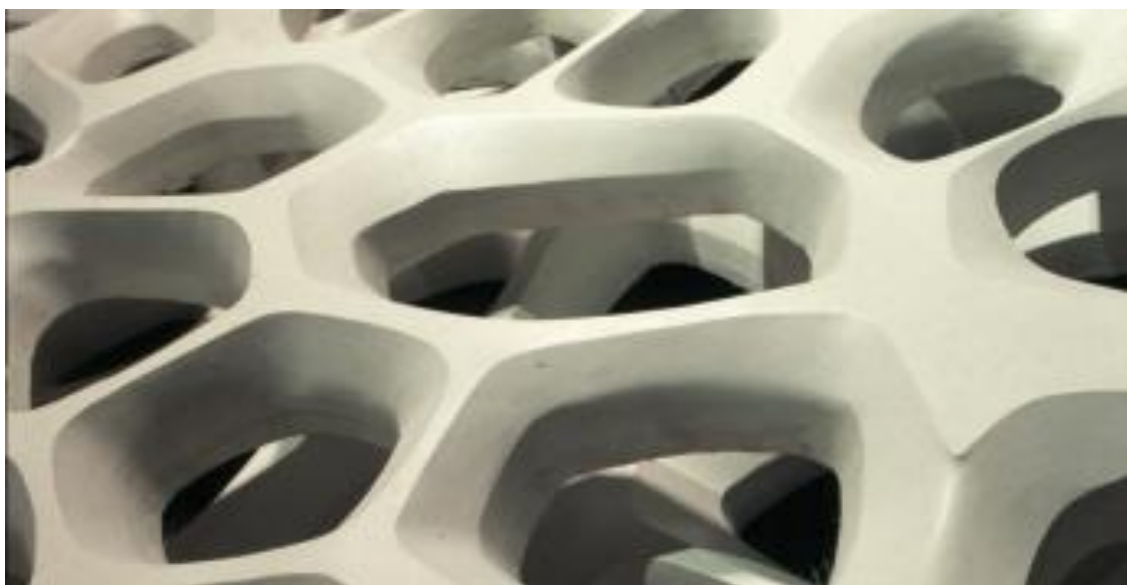


Figura III-45 Celosía instalada en doble capa de realización prefabricada de la casa Villa Rocca, 2005.

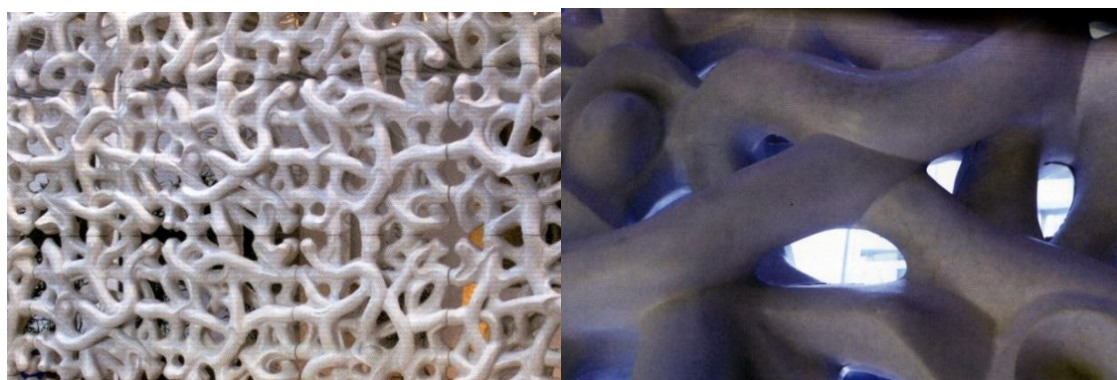


Figura III-46 y 47 Celosías de hormigón blanco prefabricadas de la casa Villa Rocca, 2005.

Una de ellas con doble capa aparenta una estructura de esponja con formación de cavidades mientras que la otra presenta similitud a la textura generada por el apelmazamiento de plantas enredaderas. Este tipo de módulos van armados interiormente y en su parte posterior sobresalen anclajes metálicos que van soldados o atornillados a la estructura del soporte.

III-4.5 Paneles pigmentados



Figura III- 48 Paneles de Hormigón pigmentado.

Paneles pigmentados en la fachada de la Bodega *Martín Berdugo* diseñados por el estudio *Vi.Vo*. Los paneles prefabricados han sido realizados con un hormigón pigmentado. Para ello se han utilizado dos colores, un rojo intenso y otro más anaranjado. Para conseguir esa irregularidad no se realiza una mezcla homogénea de los mismos.

III-5 Texturas con tratamientos posteriores al fraguado

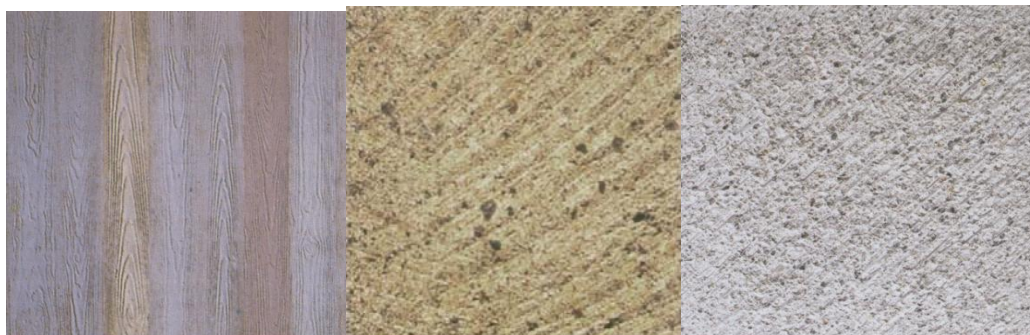


Figura III-49 a 51 Texturas esmalte transparente y pintura mineral, aserrado y picado.

Posteriormente al fraguado se pueden dar distintos tratamientos para modificar la textura superficial de la pieza. En la actualidad aparecen constantemente nuevas herramientas o tratamientos químicos que nos ayudan a ello. En las fotografías superiores –Figura III.49 a 51- aparecen tres ejemplos: uno de un hormigón tratado con esmalte transparente con distintas pigmentaciones, un hormigón pigmentado, aserrado y otro de una superficie de hormigón apiconada.



Figura III-52 Textura de hormigón con paño de puntilla del arquitecto japonés Kochi.

En el encargo de la rehabilitación de un local para un estudio de publicidad construido en un hormigón basto y anodino hace treinta años, el arquitecto japonés Kochi utiliza esta textura en el proyecto *Hula Creative*, consiste en una vez desencofrado un hormigón visto añadirle una puntilla para lo cual utiliza un acetato de polivinilo rebajado en agua para su adhesión, rompiendo radicalmente la estética ruda de un hormigón bruto y generando una textura totalmente distinta a la habitual.

Éste es un ejemplo de cómo con tan solo un gesto, un hormigón con textura ruda o con problemas de mala ejecución puede generar una sensación totalmente distinta a la original, mediante la adición de una capa textil, pintura o tratamiento físico superficial.

III-6 Texturas Naturales



Figura III-53 y 54 Tadao Ando 1993 superficie de hormigón visto con hojas incorporadas en el encofrado. Impresión sobre hoja de marquesa.

Con una buena ejecución del hormigón en su dosificación y en su vertido, permite que se quede registrado todo en su superficie.

La incorporación de elementos vegetales como las realiza Tadao Ando¹⁷ - ver figura III-53- en la textura de la piel del hormigón es un recurso económico, rápido y efectivo para poder cambiar el aspecto exterior de la pieza. En esta obra de Tadao Ando la dispersión de las hojas en el paño dan la sensación de que las mismas floten en el aire. Fue utilizado en 1993 en el Pabellón de congresos de Vitra en Rhein, Alemania.



Figura III-55 Textura de hormigón con conchas marinas

El estudio de arquitectura *mufArchitecture/art* se ha especializado en hormigones con conchas marinas. Estas texturas las consigue en la realización de paneles prefabricados, ya que para poder ser vistas estas conchas en la piel exterior, se debe ejecutar el vertido en horizontal, con un hormigonado en lechada de árido fino, controlando para no dispersar o agrupar las conchas. Posteriormente al desencofrado se aplica un tratamiento de chorro de arena para hacer aflorar las mismas.

El arquitecto Peter Zumthor¹⁸ ha conseguido una textura magnífica en hormigón, realizando un encofrado interior de 112 troncos que se dispusieron a modo de tipi indio y colocando en su interior carbón. Sobre este tipi de madera y carbón se realizó el vertido de hormigón y una vez fraguado se prendió la madera haciéndola quemar durante tres semanas ayudado por el carbón para completar la combustión de todo el material. Aun hoy en día después de siete años la obra conserva el olor a quemado. Para completar la coloración del paramento, el árido utilizado es anaranjado junto con sedimentos fluviales, grava y cemento.

¹⁷Tadao Ando (1941-) Arquitecto Japonés, premio Pritzker 1995.

¹⁸Peter Zumthor (1943-) Arquitecto Suizo, premio Pritzker 2009.

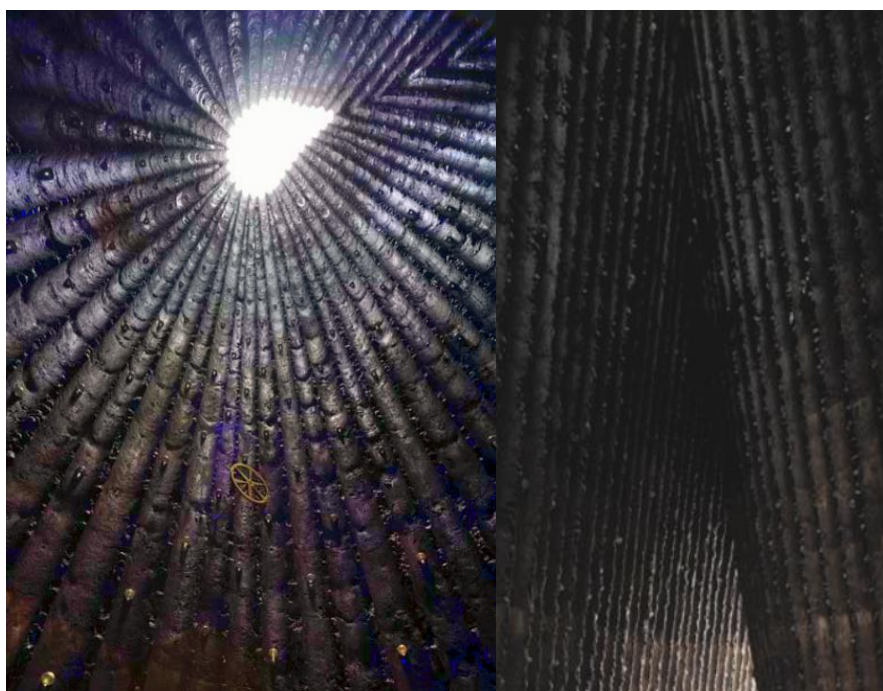


Figura III-56 Vistas interiores de la apertura cenital y salida de la Capilla de Hermano Klaus, por Peter Zumthor, 2007, hormigón armado pigmentado con encofrado quemado después del fraguado.

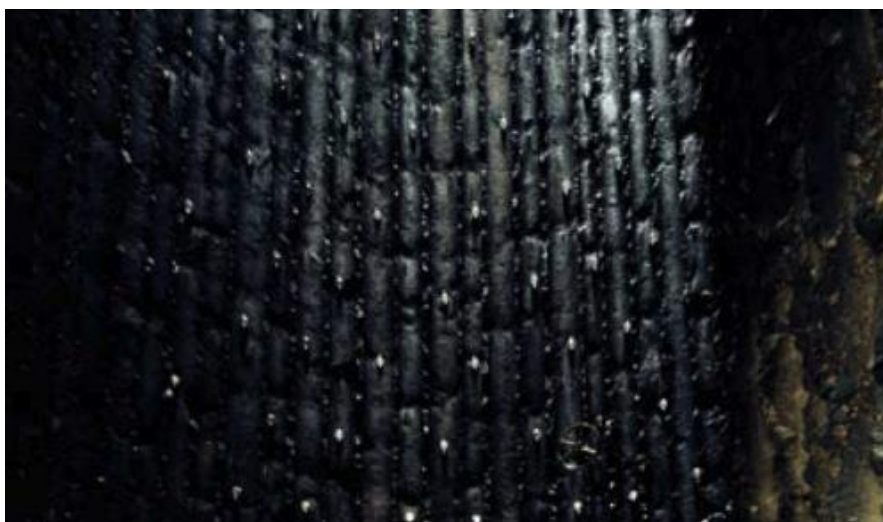


Figura III-57Detalle de la textura dejada en el hormigón de la Capilla de Hermano Klaus, por Peter Zumthor, 2007.

Las altas temperaturas en el interior del habitáculo han dejado una textura nueva para el hormigón, en algunos casos vítrea con brillos que no son habituales en este material. Esta técnica se ha realizado en un hormigón de un gran espesor garantizando así la estabilidad del material, ya que en casos de espesores menores de diez centímetros es muy probable que apareciesen fisuras o que el material quebrase.

El artista en esta obra reúne intencionalmente los cuatro elementos (el agua, el fuego, el aire y la tierra) y genera un ambiente de gran espiritualidad dado por el material y la entrada de luz cenital, a la que se llega mediante esas líneas del encofrado que llevan al hueco superior.



Figura III-58 y 59 Texturas obtenidas por la artista extremeña Raquel Lara en su proyecto S-Hormigón, 2010, para la beca Zurbarán mediante la utilización de maderas y pieles unidas al encofrado.

La artista Raquel Lara en su proyecto *S- hormigón*, utiliza las distintas texturas naturales que dejan la impronta de las pieles y la madera, con veladuras añadidas, creando abstracciones que por la horizontalidad recuerdan paisajes.

La artista habla así de su proyecto becado con las Ayudas *Francisco Zurbarán* en el blog de *Arte Actual Extremadura*.

“Se trata de un proyecto muy orgánico. Tiene que ver con tierra, la naturaleza y Extremadura, lugar del que estoy extrayendo áridos para trabajar con ellos introduciéndolos en hormigón, se generan piezas híbridas entre la pintura, la escultura, éstas mismas están muy vinculadas al paisaje y la arquitectura.”¹⁹

III-7 Robótica aplicada a la escultura en hormigón, estudio *Gramazio & Koller*.

El estudio de arquitectura de *Gramazio y Kohler* está especializado en la innovación tecnológica aplicada a los materiales de construcción, a la vez ha coordinado estudios de investigación de la robótica aplicada a la realización de materiales. Entre ellos uno de los materiales investigados en la ETH Facultad de Arquitectura de Zúrich fue el hormigón. Investigan en las formas realizadas digitalmente y posteriormente ejecutadas mediante robots sincronizados. Sus obras más conocidas son construcciones realizadas con ladrillos cerámicos y de poliestireno expandido construidas mediante brazos robóticos y helicópteros robotizados.

¹⁹ LARA, Raquel. (2010). *No me parece que el arte esté en el día a día de Extremadura y su gente*. [en línea] Mérida: Arte actual en Extremadura. [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://arteactualextremadura.com/2010/12/14/raquel-lara-no-me-parece-que-el-arte-este-en-el-dia-a-dia-de-extremadura-y-su-gente/>>

Dentro del campo del hormigón, en algunos ejemplos, realizan en muros perforaciones con distintas inclinaciones que permiten crear texturas y sensaciones visuales, todo mediante programas de ordenador.

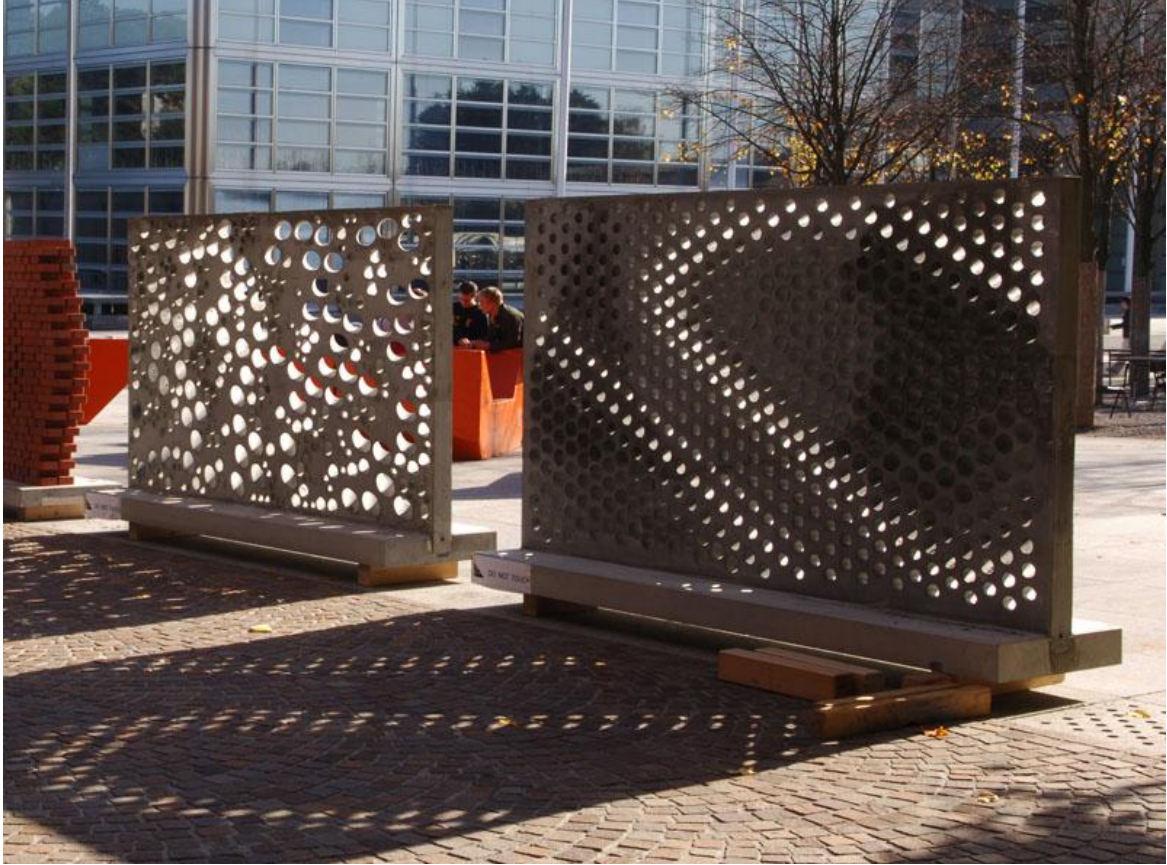


Figura III-60 Muros avellanados con orden preciso mediante perforación del encofrado por parte de brazos robóticos guiados por ordenador, *Gramazio y Kohler, 2006.*

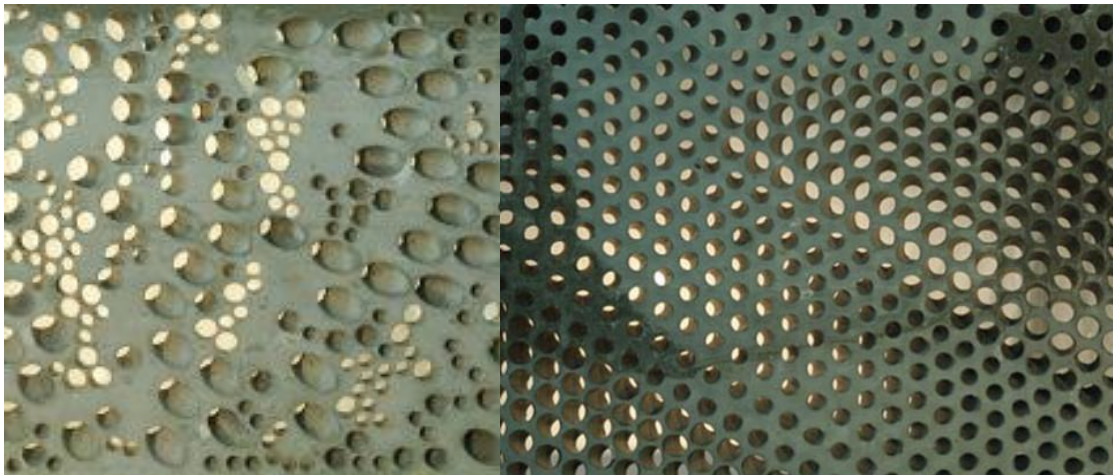


Figura III-61 y 62 Detalle de ambas texturas en distinto ritmo de taladro. *Gramazio y Kohler, 2006.*



Figura III-63, 64 y 65 Imagen del encofrado en su fase de hormigonado con los tubos que traspasan el encofrado con la inclinación que les ha marcado el taladro del robot *Gramazio y Kohler*, 2006,

Este tipo de trabajos, con perforaciones realizadas a mano sin la tutela y precisión de un brazo robótico, sería prácticamente imposible, dando lugar a discrepancias con el boceto preliminar y no ajustándose fielmente al mismo.

Las perforaciones no se hicieron en el muro, sino en el encofrado como se aprecia en las fotografías – Figuras III.63 a 65-. Una vez taladrados, se introdujeron y sellaron tubos de polietileno para impedir la pérdida o fuga de hormigón por las juntas entre ambos materiales. Posteriormente se vertió en el interior del encofrado el hormigón con aditivos fluidificantes, que facilitan el vibrado del mismo, una vez fraguado y endurecido fue desencofrado.

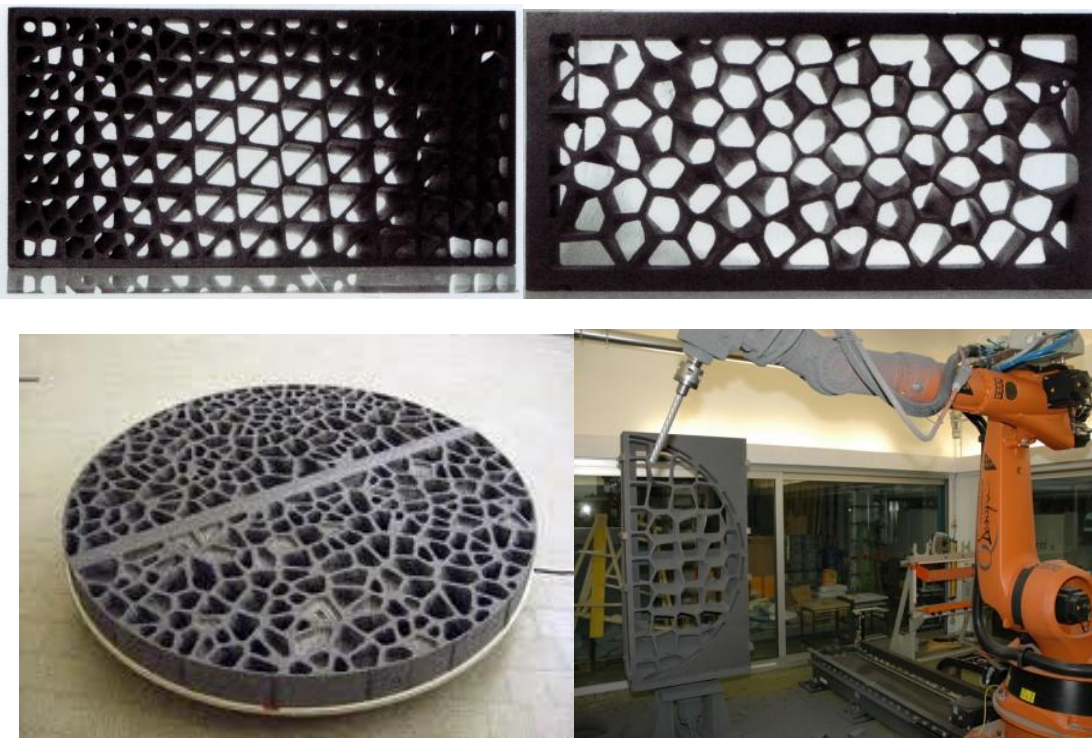


Figura III-66 a 69 Muros y Rosetón barrenado robóticamente y brazo robótico barrenando el rosetón *Gramazio y Kohler*, 2007, 100x200x10 cm y 100x100x10cm, hormigón. ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich.

En el año 2007 en la Escuela de Arquitectura de Zúrich se hicieron unos estudios de creación de celosías por medio de barrenado por brazo robótico de un bloque de hormigón previamente diseñado en tres dimensiones en los ordenadores por el grupo de estudiantes y profesores del estudio.

Al igual que el anterior trabajo de investigación presentado de los muros avellanados, este tipo de relieves hacen que el movimiento del espectador haga cambiar el grado de transparencia del muro.

Para la realización de este tipo de trabajos es necesario utilizar unos hormigones muy bien manufacturados y homogéneos sin que presenten coqueras dado que la esbeltez de las membranas intersticiales puede quebrarse en el caso de la aparición de las mismas en el proceso de barrenado.

Unos hormigones óptimos para la realización de este tipo de trabajos pueden ser los hormigones aligerados con adición de arlita²⁰, o los hormigones celulares²¹.

²⁰La *arlita* es un árido cerámico compuesto por arcilla expandida de gran ligereza. Se puede encontrar en granulometrías de 5mm a 16mm de diámetro.

²¹Hormigón muy ligero con aspecto visual de esponja al seccionarlo. Está compuesto de cemento, agente espumígeno, árido fino y aire. Se realiza con un generador de espuma para hormigón celular. Se comienza a desarrollar en 1927.



Figura III-70 y 72 Panel de hormigón realizado por molde en negativo de arena realizado por brazo robótico Gramazio y Kohler, 2011.

En el año 2011 se realiza un trabajo experimental de realización de moldes de relieves en negativo para su aplicación en hormigón. Este tipo de moldes es generado mediante acumulaciones de arena dentro de un encofrado depositadas mediante un brazo robótico al cual le ha llegado la información preliminar de un diseño en tres dimensiones. Esta técnica es la evolución a la utilizada por *Costantino Nivola*²² en los años sesenta.

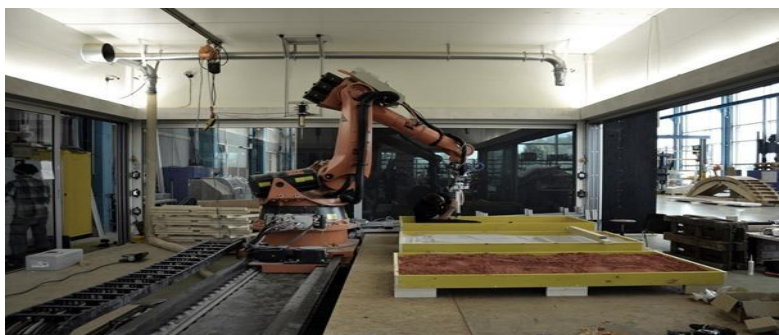


Figura III-73 Brazo robótico realizando distintas texturas. Gramazio y Kohler, 2011 .

En la Figura III-73 se puede observar cómo el brazo robótico distribuye el árido en los distintos encofrados mediante un dosificador regulado en todo momento por el ordenador. Estos relieves están realizados para ornamentar los muros de contención en la ribera del río Rin en Basilea y tienen una superficie de dos metros cuadrados cada uno.

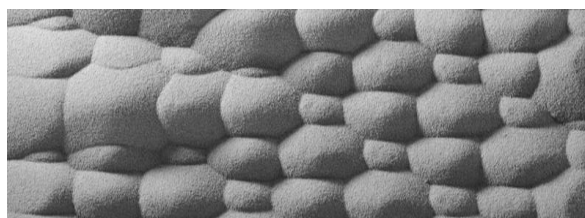


Figura III-74 Textura extraída mediante acumulación de pequeños montones de arena vertida por brazo robótico. Gramazio y Kohler, 2011.

²²Costantino Nivola (1911-1988) Autor que posteriormente se desarrollará en el capítulo IV *Escultura en hormigón contemporánea*, dentro del apartado *Nivola, Costantino*.



Figura III-75 y 76 Proceso de realización de relieve modelado en negativo sobre arena, mediante brazo robótico
Gramazio y Kohler, 2011.

En esta ocasión al brazo robótico se le aplicó una paleta en su extremo, de modo que en vez de dosificar arena, modeló la superficie de la arena depositada en el interior del sarcófago.

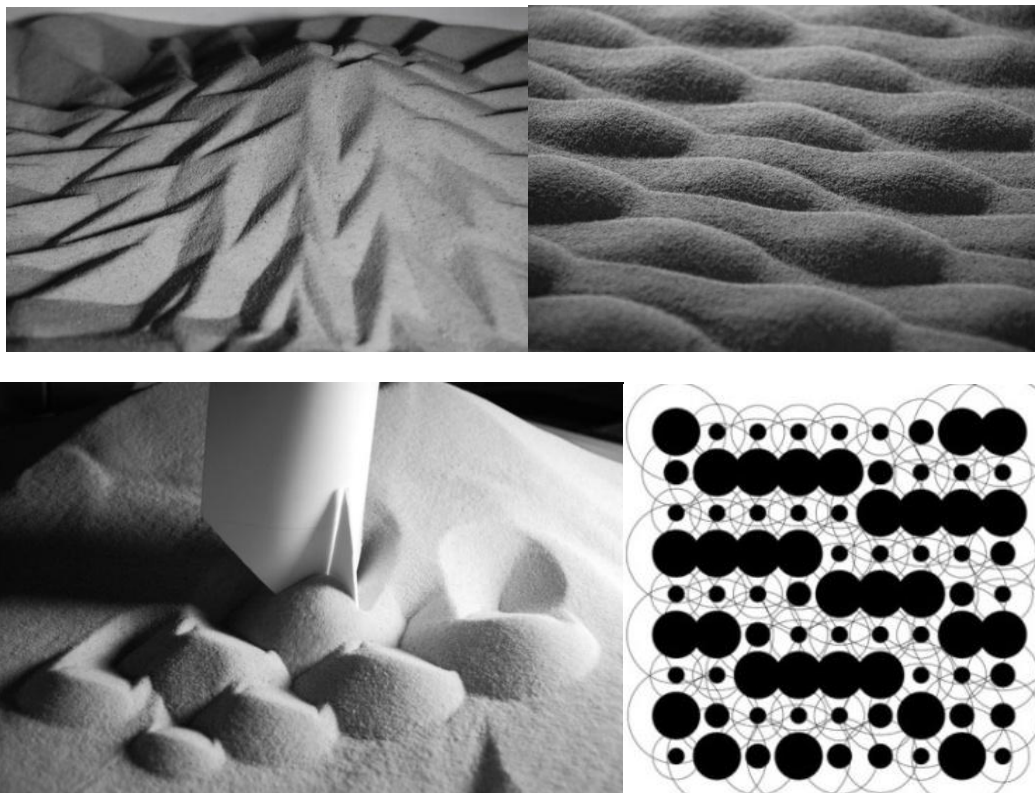


Figura III-77 a 80 Detalles de distintos diseños de relieves y dibujo esquemático preparatorio de la información que se le envía a el brazo robótico, *Gramazio y Kohler, 2011.*

Todas estas texturas están realizadas dentro de los encofrados rectangulares, en los cuales se vierte la masa de hormigón que una vez fraguada se desencofra. Estos áridos permiten ser reutilizados para la realización de más relieves.



Figura III-80 y 81 Texturas realizadas en modelado en negativo sobre brazo robótico, robótico Gramazio y Kohler, 2012, 200x100x10 cm, hormigón, realizadas en un seminario organizado en Barcelona para estudiantes del IAAC por ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich.

En 2012 *Gramazio y Kohler* realizan un seminario en el IAAC²³ de Barcelona y durante cuatro días los alumnos realizan relieves en negativo sobre barro mediante brazo robótico *PRêT-A*, trasladados al mismo desde diseños realizados en *CAD* mediante el software desarrollado por *DFAB*



Figura III-82 a 85 Texturas realizadas en modelado en negativo sobre brazo robótico, robótico *Gramazio y Kohler*, 2012.

Para esta ocasión en el extremo del robot se instaló un rodillo, una pieza roma de madera, y una pletina plegada que se utilizó a modo de cúter.

²³*Institute for advanced architecture of Catalonia.*

Todas estas texturas pueden ser realizadas de manera seriada, dado que la información que se suministra al brazo robótico es digital e idéntica, pudiéndose realizar tantas veces como uno quiera, si se quiere clonar una textura.

En la fotografía figura III-85 podemos ver el resultado después de retirar el molde de barro, los vértices angulosos de las estrías de barro no han sido rellenados de masa de hormigón quedando faltos de materia. Estas coqueras en unas condiciones normales se pueden disminuir disponiendo de áridos finos en la granulometría, utilizando aditivos fluidificantes y con la aplicación de un buen vibrado después del vertido.

III-8 Hormigón translucido.

El *Litracon* cuyas siglas significan (*Light Transmitting Concrete*), es un hormigón translúcido creado en el 2001. Su inventor es el arquitecto húngaro Arón Losonczi. Este hormigón está compuesto de noventa y cinco partes de hormigón y cinco de fibra de óptica.

“La novedad de esta invención es que podríamos concentrar dos cosas opuestas en una materia: peso / solidez y la luz.”²⁴



Figura III-86 Muro al exterior de una calle con bloques Litracon fotografía tomada desde el interior, módulos de litracomde.

Este hormigón se fabrica en bloques superponiendo capas de mallas de fibra óptica y hormigón líquido. Una vez fraguado el hormigón se corta el bloque madre en piezas más pequeñas de tal manera que se hacen aflorar las fibras que lo atraviesan. Estas fibras tienen la

²⁴ VVAA.(2009). *2009 año europeo para el fomento de la creatividad y la innovación* [en línea]. Bruselas: Comunidad Económica Europea. [Fecha de consulta 03/05/2013].
<http://create2009.europa.eu/ambassadors/profiles/aron_losonczi.html .>

particularidad de poder ser atravesadas por la luz sin experimentar casi pérdidas del haz lumínico que transportan. (Hasta veinte metros sin casi pérdidas)²⁵.

Lo comercializan pulido en tres colores: blanco, gris y negro. El material tiene una resistencia notable; resistencia a la compresión: 50 N / mm², resistencia a la tracción de flexión: 7 N / mm².



Figura III-87 y 89 Tres ejemplos de las posibilidades que pueden realizarse en este material.

En la actualidad se están realizando lámparas y monumentos con este material. En el 2004 se realiza el monumento a la incorporación de Hungría a la Comunidad Económica Europea en este material junto con hormigón armado.



Figura III-99 a 93 “Puerta de Europa”, Aron Losonczi y Orsolya Vadász, 2005.

²⁵LOSONCZ, Arón (2009). *Litracon*[En línea] Hungría: Litracon. [Fecha de consulta 10/03/2014] <<http://www.litracon.hu/index.php>>

Parte de la pieza de *Litracom* esta retro-iluminada desde un pilar trasero forzando la iluminación del material translúcido cuando oscurece, mientras que por las mañanas al estar orientada para que la luz solar incida sobre el *Litracrón*, ésta trasluce en el interior.

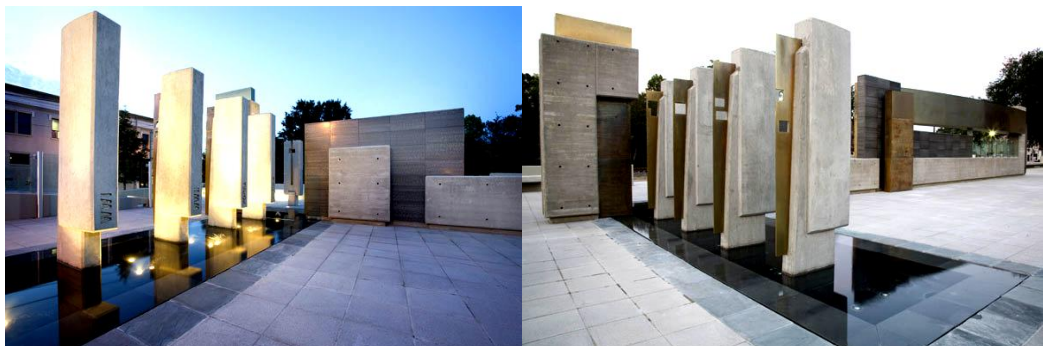


Figura III-94 y 95 “Iberville Parish Veterans Memorial”, Grace &Hebert Architects, 2008, 400x1000x600 cm, Hormigón Litracom, bronce, vidrio, agua y luminária. Baton Rouge, Louisiana, EEUU.

En el 2008 el estudio de arquitectura *Grace &Hebert Architects*²⁶ realizan un complejo escultórico en memoria de los veteranos de la localidad en las distintas guerras que han intervenido los Estados Unidos. El monumento es de corte constructivista y está realizado en hormigón, *Litracom* retro-iluminado, cobre, vidrio y agua.



Figura III-96 y 97 Detalle nocturno de “Iberville Parish Veterans Memorial”, Grace &Hebert Architects, 2008, 400x1000x600 cm, Hormigón Litracom, bronce, vidrio, agua y luminária. Baton Rouge, Louisiana, EEUU.

Una vez llega la noche todo el *Litracom* es retro-iluminado destacando sobre el resto de piezas de hormigón y cobre.

²⁶*Grace &HebertArchitectses* un estudio de arquitectura fundado en 1968. Están instalados en Luisiana EEUU, donde desarrollan fundamentalmente su trabajo en el campo de la arquitectura.

III-9 Hormigón reforzado con fibras.



Figura III-98“ ConcreteFurniture” , Simon Busse,2005,.

Un buen ejemplo de cómo se pueden realizar piezas de espesores esbeltos es el hormigón reforzado con fibras que utiliza el diseñador Simón Busse en su “*Concrete Furniture*” realizado en 2005. Simón Busse es un diseñador alemán afincado en Stuttgart donde se graduó en diseño industrial en el año 2005 que en la actualidad trabaja por cuenta propia para estudios de diseño y arquitectos. Este año ha recibido el premio de Interiorismo *Innovation Award 2012 - Winner German DesingAward 2013 –specialmention*.

Las fibras refuerzan el hormigón en esfuerzos de tracción y flexión de tal manera que se pueden realizar piezas de espesores mínimos sin tener que ser armados metálicamente en su interior.



Figura III-99“Coffetable” Daniel Meise 2005.

Las piezas del diseñador Simón Busse están realizadas mediante el vertido del hormigón en un molde rígido reutilizable. Este tipo de molde puede ser realizado en metal pero el coste del mismo es muy elevado y solo es rentable si la producción seriada es a nivel industrial. Lo

normal es que sean fabricados moldes de fibra de vidrio reforzados y con cierres de los mismos mediante tornillería.

Daniel Meise es escultor y diseñador austriaco con estudio en Viena que también utiliza el hormigón reforzado con fibras. En este caso Daniel Meise utiliza en la mezcla fibra de vidrio, polímeros naturales, cemento y arena. Esta pieza llamada *coffeetable*, aparentemente muy pesada, es extremadamente ligera y resistente gracias a la composición del hormigón adoptado. La pieza tiene espesores entre 8 y 10 milímetros.



Figuras III- 100 y 101 “together” de Daniel Meise. 2005. “Bridge” Daniel Meise, 2005.

La pieza *Bridge* muestra en su parte interior una rugosidad diferente a la superficie exterior lo que indica que las piezas están vaciadas en hueco de forma similar a como lo realiza John W Mills, pero con la incorporación de polímeros naturales. Estos polímeros naturales suelen ser cauchos utilizados como aditivo en una proporción de 1:1 en relación con el agua incorporada a la masa una vez mezclados el resto de los componentes. Un ejemplo de escultura con este tipo de hormigón es como lo realiza la artista Sioban Coppinger²⁷.

Según Daniel Meise,

“La maleabilidad de la piedra líquida es insuperable: permite crear infinidad de formas nuevas, ofreciendo una gran variedad de oportunidades de expresión individualizadas. Este material inspira continuamente nuevas ideas y posibilidades. Solo es preciso llevarlas a la práctica”.²⁸

²⁷Sioban Coppinger (1953-) Autora que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV *Escultura en hormigón contemporánea*. Dentro del apartado, *Coppinger, Sioban*.

²⁸MEISE, Daniel. (2013). *Desing* [en línea] Viena: Daniel Meise. [Fecha de consulta 10/02/2013]. <<http://www.dmeise.com/>>



Figura III-102 a 104“Concrete-pod” Pieza de Kazuya Morita, 2005,.

Kazuya Morita es un arquitecto japonés nacido en Aichi (Japón) en 1971. Se formó en Kioto estudiando arquitectura en 1994. En el año 2005 realiza la pieza “Concrete-pod”, a modo de cáscara de huevo perforada realizada en hormigón blanco con fibras de vidrio y paja. La pieza es un pequeño pabellón que juega con la sensación dentro/fuera al estar protegido dentro de una capsula que a la vez por la cantidad de orificios percibes todo lo que te rodea.

La capacidad que aportan las fibras al hormigón para poder generar superficies diáfanas con gran esbeltez es grandiosa. En la fotografía superior vemos al autor subido en la pieza. Esta mezcla de elementos potencia a esta materia para generar superficies autoportantes de grandes vanos.

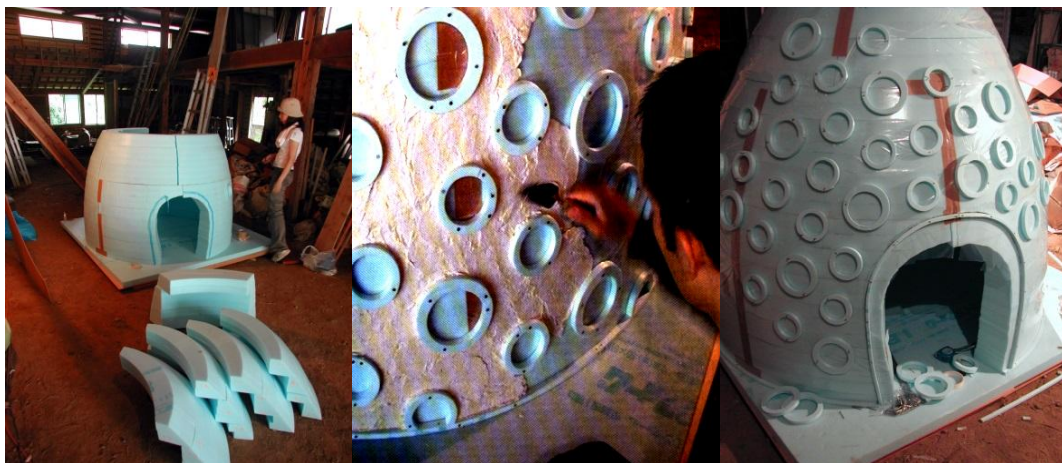


Figura III-105 a 107Detalle de la pieza y foto de la ejecución de yesaire japonés impregnando la pasta sobre el molde de poliestireno expandido con los huecos de las aberturas ya enmarcadas y del molde de poliestireno expandido. *Concrete-pod* Pieza de Kazuya Morita,2005.

III-10 Hormigón con refuerzo textil.

El hormigón puede ser también reforzado con tejidos. Estos pueden ser fibras de vidrio, carbono o procedentes de polímeros. La masa del hormigón para que pueda penetrar en la tela debe ser muy fina con áridos muy finos menores de un milímetro. Con estas dosificaciones se pueden alcanzar espesores de uno y dos centímetros tan sólo con propiedades físicas notables.

Las telas suelen ser de retícula ortogonal u ortogonal y cruzada. La retícula debe ser lo suficientemente espaciada para que penetre bien el hormigón entre ella.



Figura III-108 a 110 Distintos sistemas de hormigón textil, monocapas y multicapas. Hormigón textil sistema Betoshell.

Un procedimiento normal de realización de este tipo de hormigones es con la técnica de vaciado en hueco aplicando una primera capa de mortero sobre el molde, colocando la tela encima estando el mortero aun fresco y seguidamente aplicar una segunda capa de mortero de esta manera evitaremos la aparición de la tela en la superficie de la pieza al desmoldar.

Este proceso se puede repetir para que el espesor de la pieza alcance la dimensión requerida por el artista, con las características que aporta el material con una capa de dos a tres centímetros es suficiente.

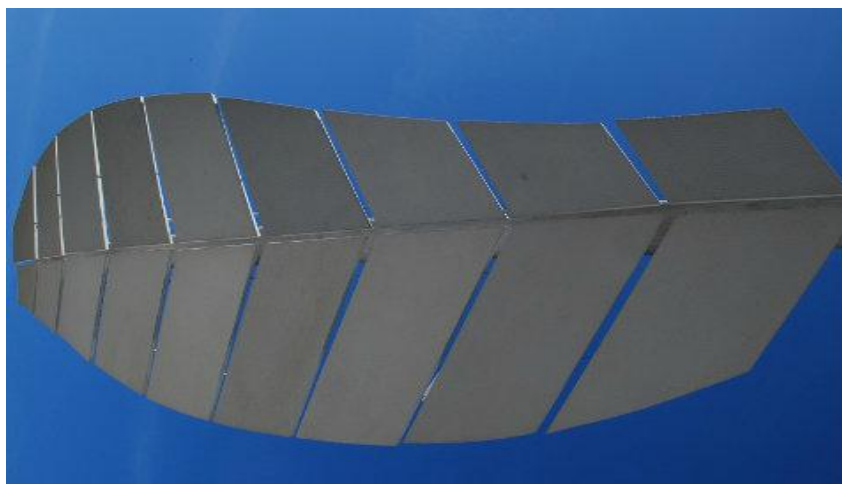


Figura III-111 Hoja gigante realizada con el sistema Betoshell .

Una reciente innovación en el campo del hormigón son las mantas de hormigón. Se compone de hormigón insertado dentro de dos bandas de tela resistente. Su utilización es sencilla: la manta se coloca sobre una superficie formácea, posteriormente se riega, el hormigón fragua y rigidiza la manta, se retira el molde o superficie *formacea* y queda con su forma.

La impronta que deja la manta es similar textura de la tela de algodón. Tenemos que entender que la utilidad actual y el motivo de su invención es la creación de pabellones militares efímeros donde los tiempos de construcción han de ser muy cortos.

Su utilización escultórica más que para paños abiertos de gran tamaño, se ve en las texturas que pueden formar con apelmazados de pliegues irregulares, bien en la realización de telas de gran tamaño para obras figurativas o en piezas similares a las que realizaba el escultor valenciano Cardells²⁹ con la uralita.



Figura III-112 Detalle de manta de hormigón de sistema *concrete canvas*.

Al ser un material nuevo se desconoce el comportamiento del mismo con el transcurso del tiempo en el exterior. Es un material que está pensado para construcciones efímeras por lo que se presupone que transcurridos unos años pueden surgir patologías, especialmente en la tela que dé al exterior.

Proceso constructivo del *Concrete canvas*.



Figura III-113 y 114 1 Se instala la forma que se quiere reproducir. En este caso se realiza con una forma hinchable y 2 se coloca sobre ella.

²⁹Cardells, Joan (1948-) Autor que posteriormente se desarrollará en el capítulo IV *Escultura en hormigón contemporánea*. Dentro del apartado , *Cardells , Joan*.



Figura III-115 y 116 3 Se hidrata y 4 Fragua y ya tenemos la forma deseada se retira el molde interior.

Memux son un grupo de artistas y diseñadores austriacos con estudio en Viena que han creado una combinación entre el hormigón, una tela geotextil de acero trenzado y fibra de polímeros, creando una cortina llamada *betonvorhang* que deja pasar la luz ligeramente, generando una imagen entre la suavidad de tela y la robustez del hormigón.



Figura III-117 Detalles del proyecto *betonvorhang* de *Memux*, 2005, Viena.

Se han hormigonado pequeñas bolsas dentro de una retícula de geotextil. Las uniones de poco espesor se rompen y se hace de esta manera flexible con apariencia de gran colcha.



Figura III-118 y 119 Detalles del proyecto *betonvorhang* de *Memux*, 2005, Viena.

Una de las caras de la tela hormigonada mantiene la forma de pequeña almohadilla mientras que la otra cara es plana, debido a que la pieza ha sido hormigonada en horizontal sobre una cama de retícula con huecos sobre la que se ha colocado la tela.

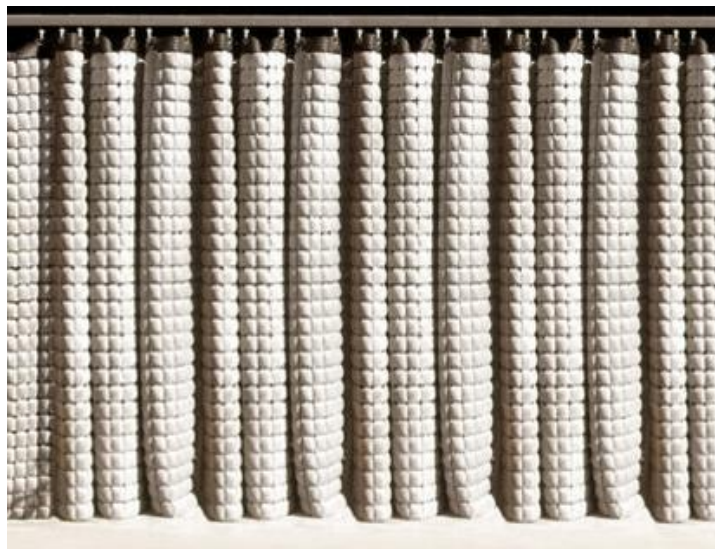


Figura III-120 Detalles del proyecto betonvorhang de Memux, 2005, Viena.

III-11 Moldes Flexibles



Figura III-121 y 122 Ejercicios realizados en la universidad Pontificia Católica de Valparaíso en Chile en los talleres “Here and There” tutelados por Mark West y Ronnie Araya sobre con texturas de moldes flexibles.

En los ejercicios practicados en la *Universidad Pontificia Católica de Valparaíso*³⁰ se jugó con la posibilidad de modelar el líquido de la masa aún fluida del hormigón. Para poder

³⁰Mark West y Ronnie Araya son dos arquitectos e investigadores que trabajan en el CAST (The Centre of Architectural Structures and Technology) de la Universidad de Manitoba.

realizar este tipo de texturas fue necesario seguir el siguiente proceso: una vez vertida la masa del hormigón, (que debe ser de consistencia fluida) dentro de un molde o encofrado, se le colocó un polivinilo encima, comenzando de un extremo a otro y despacio, evitando que se formaran burbujas de aire entre la masa y la lámina plástica una vez colocada para que no se apreciaran burbujas entre ambas. Posteriormente se modeló la superficie presionando sobre el plástico para lograr la forma y la textura deseada, y una vez obtenida se dejó fraguar.

Al terminar el fraguado y endurecido de la pieza se retiró la lámina plástica dejando en el hormigón su misma impronta, brillando como si la pieza estuviese pulida.

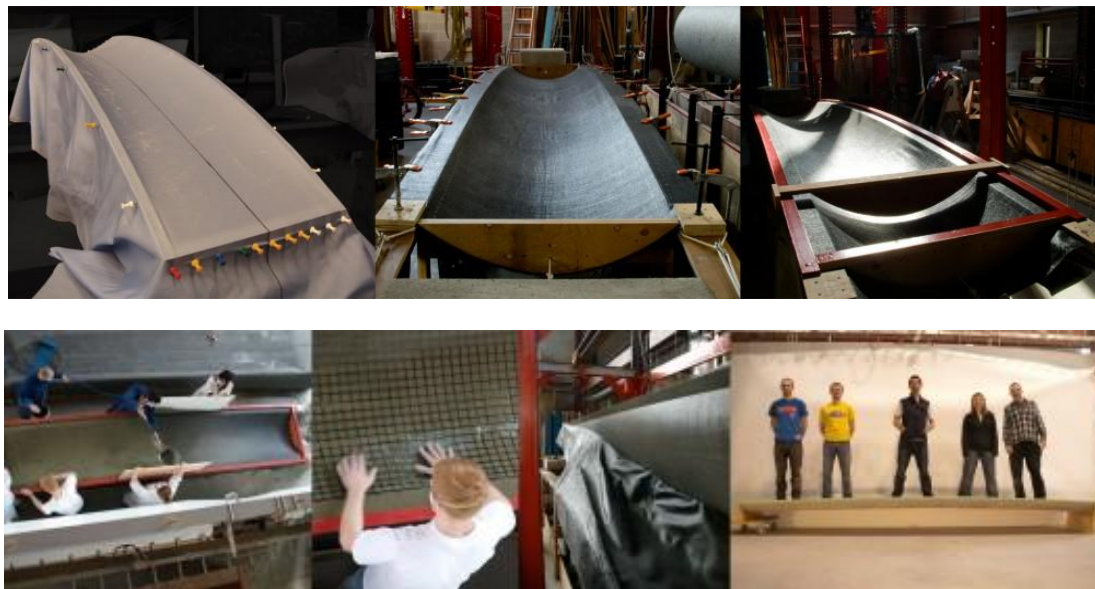


Figura III-123 a 127 Proceso de realización de piezas de doble curvatura, en el en el CAST (The Centre of Architectural Structures and Technology) de la Universidad de Manitoba.

Hay investigaciones de Mark West y Ronnie Araya en el *CAST (The Centre of Architectural Structures and Technology)* de la Universidad de Manitoba sobre la fabricación de piezas de doble curvatura en hormigón con moldes textiles. Son piezas muy esbeltas con espesores de lámina de dos centímetros de hormigón y mallazos textiles como refuerzo estructural.

Para piezas escultóricas obtenidas con esta técnica los moldes realizados con telas transmiten a la pieza una sensación de material elástico que no se consigue con encofrados rígidos y se le aporta la impronta del tejido en la superficie dando calidez a la textura, desvinculándolo del material de origen pétreo del que procede.

Este tipo de piezas ejecutadas en el *CAST* sobre moldes textiles, tienen un proceso de realización similar a las piezas obtenidas por vaciado en hueco, sustituyendo el molde rígido de escayola generalmente, por la tela y colocando la lechada con fibras o tela estructural sobre la misma, para que una vez fraguado el hormigón se retire la tela de encofrado.

Ofir Zucker es un artista israelita nacido en 1982. En la actualidad vive y trabaja en Tel Aviv. Su trabajo primordialmente es el diseño objetual pero su interés en la búsqueda de nuevos materiales en el año 2011 le llevó a la realización de una serie de piezas en hormigón con

textura textil. Las piezas tienen gran sensibilidad, las formas orgánicas de aspecto blando y cálido, rompen con el concepto tradicional de robustez del hormigón, y son muestra de la versatilidad del material.



Figura III-128 a 133 Detalles de la serie de piezas “Fossils” por Zucker, 2011, Israel

Para la obtención de este tipo de piezas se puede hacer siguiendo dos métodos: En el primero de ellos se debe construir una cavidad estanca con tela impermeabilizada que obligue al material a adoptar una forma determinada. Con la forma requerida, la tela puede ser retorcida, girada o doblada antes, durante o posterior al vertido, pero siempre y cuando no haya comenzado el fraguado.



Figura III-134 y 135 Detalles de la serie de piezas “Fossils” por Zucker, 2011, Israel

El vertido dentro de los moldes debe ser lento y con consistencia líquida para adaptarse a sus formas orgánicas y poder registrar la textura de las piezas de encofrado. Por ello se recomienda el empleo de aditivos fluidificantes y potenciadores de registro.



Figura III-136 Conjunto de piezas “Fossils” del artista OfirZucker, 2011, Israel

El segundo método de obtención de este tipo de formas sigue el siguiente proceso: una vez construida la forma textil envolvente, se rellena de arena de sílice, se le aplica un desencofrante o separador y se realiza un molde de escayola o elastómero con madreforma. Una vez terminado se reproduce a partir de ese molde.



Figura III-137 “crushedwall” por Walter Jack 2011.

Walter Jack realiza en el año 2001 un relieve rugoso realizado en hormigón con una longitud aproximada de 40 metros y altura hasta 3 metros. Este relieve es un gran ejemplo de la plasticidad que se puede alcanzar con este material.



Figura III-138Detalle de “crushedwall” por Walter Jack 2011.

Para obtener esta forma, dobló repetidas veces una lámina gruesa de caucho, sobre un soporte vertical, para que no se desdoblase fue anclando al soporte mediante atornillarlo, posteriormente, para conservar la forma, se rigidizó la lámina molde en su parte posterior con espuma de poliuretano, de esta manera al entrar en contacto con el hormigón por el peso de éste, no perdería la forma original.

Para que fuese factible el traslado de la pieza se realizaron unas particiones del encofrado en sentido vertical y a estas piezas se le insertaron unos anclajes en su parte superior para poder ser transportadas y posteriormente ancladas.



Figura III-139 Vista de la lámina original de “crushedwall” por Walter Jack 2011.

En la fotografía superior – Figura III-139- se aprecia la línea de corte inferior para establecer la altura del relieve, también se aprecian la cabeza de los tornillos de anclaje con el soporte y las líneas de corte vertical que establecían los distintos módulos del relieve para hacer factible y económico su traslado.



Figura III-140 y 141 Detalles de la realización del plegado y el refuerzo de poliuretano de “crushedwall” por Walter Jack 2011.

En las fotografías anteriores – Figuras III-140 y 141- se muestra cómo se estabilizó la lámina en su parte posterior con espuma de poliuretano para poder ser separada del soporte conservando la forma del pliegue.

También se aprecia la retirada de la lámina y la espuma del premolde, junto con la zapata que se le aportó para estabilizar la pieza.

III-12 Escultura en Hormigón Subacuática.



Figura III-142 vista del MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaires Taylor.

Jason deCaires Taylor es un escultor y fotógrafo submarino nacido en Reino Unido en 1974. En 1998 se graduó en Londres en el *Instituto de Artes* con un BA con honores en la especialidad de Escultura. En el 2006 inaugura su primer parque escultórico subacuático frente a las costas de Granada en las Antillas. Este conjunto ha sido galardonado como una de las veinticinco maravillas del mundo por la revista *National Geographic*. Su mayor creación vino después con la creación del *MUSA (Museo de Arte Subacuático)*. Es un museo bajo el agua del mar en Isla Mujeres, Cancún, (México).

Se trata de un conjunto escultórico de figuras a semejanza de los pobladores de la zona (Puerto Morelo) sumergido en unas profundidades de entre cuatro y nueve metros en Isla Mujeres. El proyecto está destinado a intentar rebajar la densa afluencia a los corales naturales cercanos por parte de los submarinistas, dando paso a un nuevo destino turístico subacuático que permita reducir la agresión de un medio natural singular.

La imagen creada al ver un grupo tan grande de gente sumergida a ocho metros bajo del nivel del mar y realizadas con tal fidelidad a la realidad crea una sensación de perplejidad e inquietud en los visitantes.

Las vistas de las figuras humanas rodeadas de bancos de peces y la luz creada en el fondo marino descontextualizan la imagen creando algo totalmente innovador.

Jason deCaires Taylor en la actualidad vive y trabaja en Cancún donde dirige el *MUSA* de Cancún.



Figura III-143 Detalle de una de las piezas de gran volumen. En ella se pueden resguardar los peces por hendiduras en los laterales de depredadores como la barracuda que se aprecia en la imagen, MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaires Taylor.

Jason deCaires realiza las piezas por conjuntos de seis a ocho figuras colocadas sobre una plataforma y unidas mediante barras de acero, de esta manera facilita el transporte y estabiliza el conjunto por las corrientes y embates del mar y del transporte.



Figura III-144 y 145 Detalles del grupo y de figuras del museo. MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaires Taylor



Figura III-146 y 147 Detalles del grupo y de figuras del museo. MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaires Taylor

Las figuras están realizadas mediante registro directo de las personas, creadas a base de moldes con elastómeros para su reproducción pues las cuatrocientas cincuenta figuras realizadas están reproducidas a partir de un conjunto menor de originales.

Las figuras están realizadas en un hormigón blanco con la utilización de un cemento especial con PH neutro que facilita que las algas y crustáceos se adhieran a ellas.



Figura III-148 a 153 Vistas de los modelos, la figura en hormigón al inicio de la instalación y la figura una vez invadida por las algas.

El avance de las algas y corales sobre las esculturas crea un auténtico camino hacia la abstracción. Es un cambio silencioso y lento de una realidad artificial a una abstracción impuesta por la colaboración de la naturaleza.

El artista potencia que su obra sea transformada por la propia naturaleza y la naturaleza dé así una segunda vida a esas figuras inertes sumergidas.



Figura III-154 y 155 Foto del artista británico Jason deCaires Taylor en su estudio de Puerto Morelo antes de sumergir las figuras en Cancún en las que invirtió tres meses para la realización de cuatrocientos personajes.

Los últimos trabajos de Jason deCaires son investigaciones de la integración de corales en la escultura y su crecimiento, incorporando corales a la escultura y potenciando de forma intencionada su crecimiento en ellas, no como en los casos anteriores donde era la propia naturaleza la que inevitablemente generaba la vida en ellas sin ser llamada.



Figura III-156 y 157 Piezas incorporadas al MUSA realizadas en 2010 con la intencionalidad del crecimiento en ellas de cierto tipo de especies determinadas realizadas en hormigón a escala natural. Cancún, México.

III-13 Hormigón autorreparable mediante bacterias.

Recientemente los investigadores de *La Universidad Holandesa de Tecnología* Delf, HenkJonkers y Erik Schlangen han trabajado con el hormigón incorporándole una bacteria que permanece latente en sus esporas y si al hormigón le es producida una fisura por la que entra humedad, estas bacterias salen de su letargo, en combinación con el agua y más nutrientes, producen piedra caliza reparando así los agujeros y fisuras de la pieza dañada.



Figura III-158Detalle de cómo las bacterias rellenan los huecos de caliza cuando el material pierde la estanqueidad

III-14 Escultura de hormigón con impresión argéntica, fotoimpresión de óxidos de plata.



Figura III-159“L'arbre de Pablo” Marie Françoise Rouy 2005, diámetro 75cm, hormigón con impresión argéntica y pigmentos.

Rouy nace en Tolouse en 1953. Es una escultora de formación autodidacta. En el año 2005 comienza a investigar las impresiones fotográficas en distintos materiales pero es en hormigón el material en el cual destacan sus trabajos logrando texturas visuales innovadoras

para este material, especialmente aplicadas a la escultura, que junto con la adición de pigmentos crea atmósferas semejantes a las del arte oriental.

Crea discos vertiendo el hormigón de consistencia líquida sobre una superficie totalmente plana y creando un círculo al que posteriormente realiza el agujero. Una vez fraguado y por la cara plana realiza la impresión fotográfica.

La técnica es similar al de la fotografía analógica: primero se imprima con óxidos de plata, directamente al hormigón en un lugar sin luz, al igual que el papel fotográfico. Posteriormente se proyecta la imagen requerida, y antes de entrar de nuevo en contacto con la luz, siguiendo el mismo proceso que la fotografía tradicional, se le aporta la solución de paro y por ultimo un fijador. Dada la delicadeza de las emulsiones, conviene que posteriormente al proceso químico de foto impresión, se proteja la superficie de la pieza con acetato de polivinilo disuelto en agua con una proporción de 1 a 10 en un par de capas.³¹

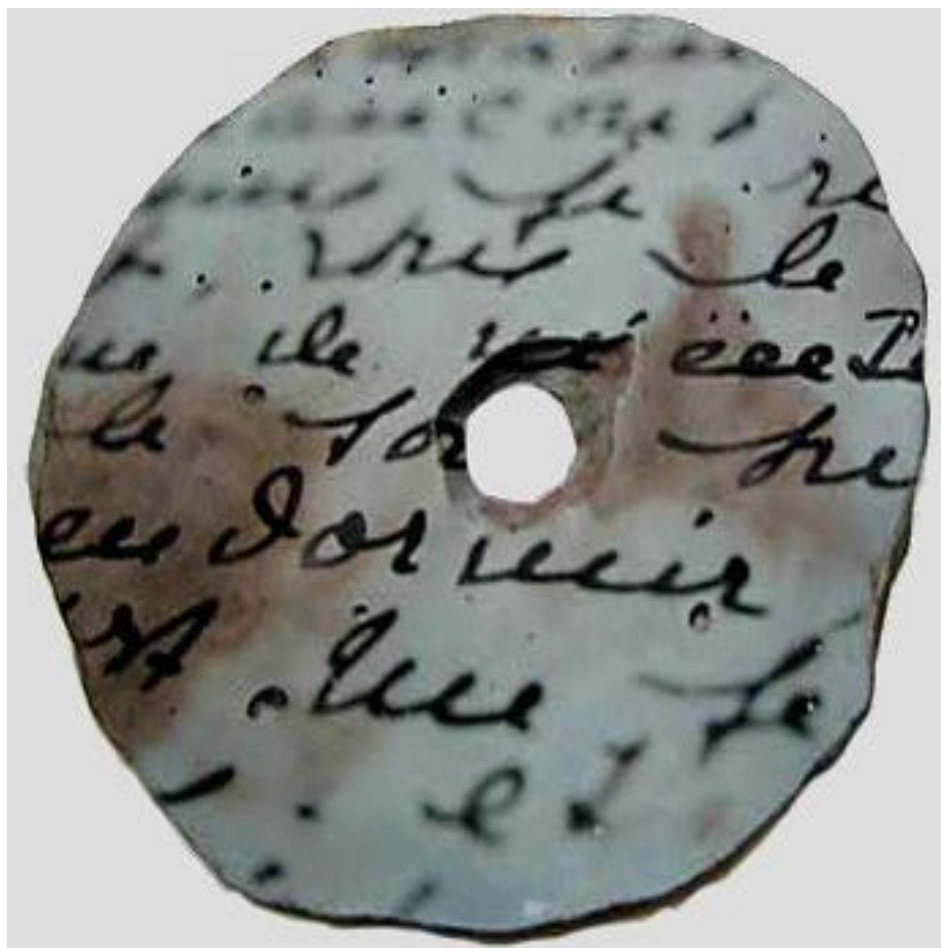


Figura III-160“Le Sommeil”, Marie Francoise Rouy, 2005, diámetro 90cm, hormigón con impresión argéntica y pigmentos,

Piezas muy similares a estas y realizadas en el mismo material las realiza a muy pequeña escala para joyería hechas con diámetros entre 9 y 12 cm.

³¹ Todos estos productos químicos se pueden adquirir en tiendas de fotografía analógica.

III-15 Hormigones Foto Catalíticos, Autolimpiables

Existe una nueva gama de hormigones autolimpiables gracias a adiciones que llevan sus cementos con propiedades foto catalíticas, que hacen que la reacción de oxidación de impurezas producidas por la contaminación u hongos sean aceleradas y el propio viento o el agua de la lluvia las arrastre y elimine de la superficie del mismo.



Figura III-161 Detalle del edificio “ ZAC “ d'Alesia-Montsouris - Paris (75).

La fachada de este edificio ha sido realizada con este tipo de hormigón prolongándose la limpieza en su superficie.³² La patente de este tipo de aditivo la tiene FYM y posteriormente los fabricantes de cementos lo incorporan en sus productos normalmente en cementos de color blanco. En España es proporcionado por *Cementos Goliat*, entre otros.

Gracias a este tipo de cementos se pueden realizar esculturas urbanas que se conserven limpias pese a la contaminación que en muchas situaciones es muy intensa.

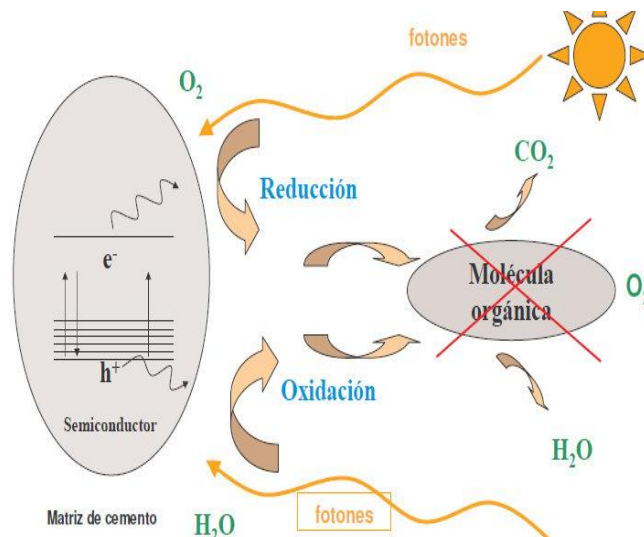


Figura III-162 Esquema de funcionamiento del “TX active” del Grupo Italcementi FYM.

³² Se puede recabar más información química y tecnológica del compuesto en este artículo de la agrupación de fabricantes de cemento de España. VVAA, (2011). *El cemento autolimpiante y anticontaminante mantiene limpias las paredes de una iglesia de Moneo* [en línea] Madrid: Oficemen [Fecha de consulta 01/06/2011] <http://www.oficemen.com/noticia.asp?id_rep=1225>

III-16 Hormigón con madera.

En el ETH de Zurich se está investigando en la realización de hormigones con viruta y astillas de madera. Una de las cualidades que aporta la madera al hormigón es la ligereza, pero es un material orgánico que se comporta inestable al exterior. Esta unión no es una invención nueva, ya que se comenzó a utilizar como aligerante del hormigón en los años veinte.

Para escultura puede aportar texturas nuevas en el material que destacan si la incorporación es de astillas. El estudio Memux de artistas y diseñadores austriacos establecidos en Viena están investigando en ello para la realización de futuras piezas.

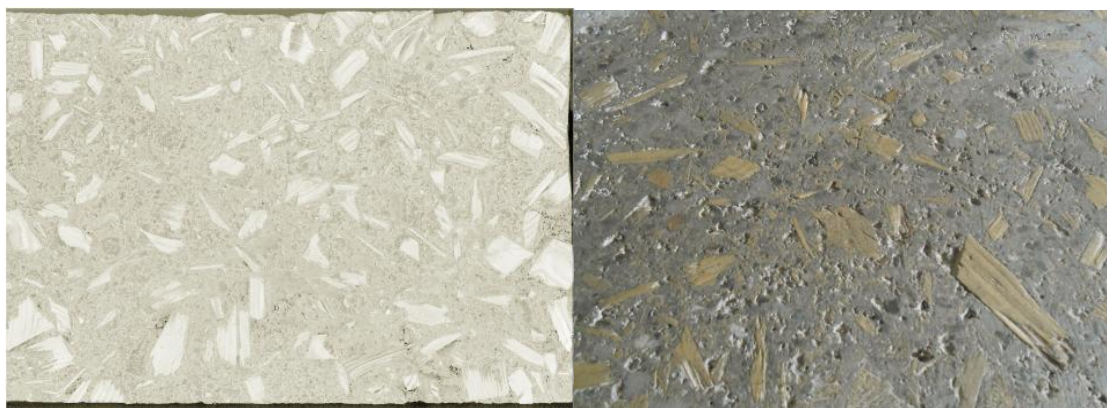


Figura III-163 y 164 Texturas ofrecidas por el hormigón con madera, pulido.

Cuanto mayor tamaño tenga la viruta de madera más inestable se comporta el material en el exterior por lo que se recomienda para piezas de interior o resguardadas. En la norma alemana DIN EN 206-1 se marca que el porcentaje de madera esté entre un 25% y un 35% con respecto al resto del peso de inertes.

Capítulo IV

Escultura en hormigón contemporánea.

Capítulo IV. Escultura en hormigón contemporánea

Introducción

En este capítulo se muestra una amplia selección de escultores de múltiples nacionalidades que han realizado obras con este material. Veremos cómo a partir de una misma técnica se ha podido generar una variedad de distintas soluciones y estilos escultóricos.

Muchos escultores han elegido el hormigón en sus inicios por ser un material económico¹; algunos de ellos lo han utilizado también, aun esporádicamente, en su desarrollo artístico posterior², y otros se han mantenido fieles al hormigón durante toda su producción, especializándose en ese material y llegando a unas maestrías de la técnica asombrosas, como es el caso de artistas como Ángel Mateos o Federico Assler.

Veremos que el hormigón es utilizado tanto en volumen como en bajorrelieve, habiéndose realizado en ambas esculturas de gran formato con volúmenes gigantescos. Ejemplo de ello son las proporciones del *Monumento al Descubrimiento de América* que Vaquero Turcios desarrolla en la madrileña plaza de Colón, o la intervención llamada *Cretto* realizada por Alberto Burri en Gibellina, Italia, de ochenta mil metros cuadrados. También los bajorrelieves de cientos de metros de Miguel Fuentes del Olmo, y José Luís Sánchez en negativo de barro o los miles de metros de Constantino Nivola en negativo de arena.

Se ha observado que a día de hoy se continúan realizando esculturas en hormigón y se las aplica técnicas actuales por lo que se comprueba una vez más que la escultura va continuamente ligada a la técnica y evoluciona con ella. En el análisis posterior, se aportan soluciones de realización con los medios actuales a las complejidades técnicas que presentan muchos de los trabajos de los artistas citados, con la finalidad de ofrecer al lector posibilidades de abordar la realización de proyectos semejantes. En otras ocasiones en que la realización resulte obvia no será necesario efectuar observaciones al respecto.

Los escultores se han dispuesto por orden alfabético. El amplio número de artistas expuestos puede reflejar la amplia variedad de estilos y posibilidades que ofrece la escultura en hormigón y como la técnica se ha amoldado a las distintas corrientes artísticas que han surgido desde sus comienzos como material escultórico.

Existen dos lugares con gran concentración de esculturas monumentales en hormigón. Uno de ellos es el conjunto de esculturas de los memorándum a las víctimas de la Segunda Guerra Mundial en la ex Yugoslavia denominadas *Spomenik*, desgraciadamente existe muy poca documentación de estas piezas y de sus autores dado que todas ellas fueron erigidas por mandato del dictador Tito, para intentar crear un estado común ficticio, generar el espíritu de una única patria en Yugoslavia. Terminada la Guerra de los Balcanes no quedó prácticamente información de los mismos y los países que quedaron después de la confrontación renegaron del pasado olvidándose de todos estos monumentos, dejándolos en abandono o destruyéndolos. El otro conjunto escultórico es *La Ruta de la Amistad*, ubicada en México DF, realizada para celebrar los Juegos Olímpicos de 1968. La idea y coordinación fue de Mathias Goeritz que con la ayuda del arquitecto Pedro Ramírez Vázquez pudo llevar a término este importante conjunto de obra escultórica. Ambos conjuntos escultóricos serán también reflejados en las páginas que

¹Algunos de estos escultores fueron Herry Moore, Jorge Oteiza, José Luis Sánchez, Miguel Fuentes del Olmo, etc. Todos ellos reseñados en este capítulo.

² Un ejemplo de utilización esporádica es Eusebio Sempere con las obras del Museo de Escultura contemporánea al aire libre de Madrid.

siguen, en el caso de la Ruta de la Amistad está incluida en cada uno de los autores que participaron en ella.



Figura IV.1 Mapa de la Ruta de la Amistad con el desglose de cada una de las piezas que se realizaron, autor y localización.

Haciendo un análisis histórico de los artistas estudiados podemos ver un perfil común muy repetido en muchos de ellos, la mayoría coinciden entre los años 50 y 70 en París y da la coincidencia de que Francia ha sido el referente y la vanguardia de la técnica del hormigón desde los años veinte del siglo pasado, en particular con la constructora Hennebique.

Es muy posible que esta unión haya propiciado que la técnica del hormigón fuese consolidada como técnica escultórica allí.

En Francia fue donde más se investigó el material técnicamente y allí coinciden las vanguardias artísticas en la primera mitad del siglo pasado, posteriormente en los años cincuenta y sesenta se formaron en París la mayoría de los escultores de posteriormente han sido artistas de referencia en sus distintos países y en particular en España, por citar algunos ejemplos Picasso, Ángel Ferrant, Miró, García Donaire, Oteiza, Chillida, Sempere, José Luis Sánchez, Vaquero Turcios y un largo etcétera. Todos ellos tienen parte de su obra realizada en hormigón, en algunos de ellos con un gran porcentaje de su volumen total.

Adam, Henri Georges (1904-1967)

Henri Georges Adam nació en París en 1904, comenzó a trabajar en la relojería de su padre después de formarse en la escuela de relojeros de París en 1918 y comienza a asistir a las clases nocturnas de la *Escuela de Arte de Montparnasse* en París donde en 1926 comienza a impartir clases. A principios de los años treinta comienza a realizar grabados y pinturas surrealistas contactando con la vanguardia de este movimiento artístico. Posteriormente realiza pinturas expresionistas y participa junto a Picasso, Matisse y Chagal entre otros, en la exposición del Teatro Alhambra de París.

En 1940 comienza a realizar esculturas y es cofundador de El salón de Mayo de París. En 1959 es nombrado Profesor de la *Escuela Nacional Superior de Bellas Artes de París*.

Dentro de su obra escultórica destaca *La Señal*, una pieza de veinte metros de longitud realizada en hormigón armado mediante un encofrado de tableros plegados y listones, la pieza es de gran calidad y un acabado formidable, recientemente ha sido restaurada.

"All the forces come from the nature. It is the feeder mother who is there. There is an abstract only seven geometrical figures."

H.G.Adam.³



Figura IV.2 Henri Georges Adam, "Señal.1961.

³CHAMPENTIER Michelle. (1960) ADAM Georges .[en línea] París: Galeria Michelle Champertier, [Fecha de consulta 18/03/2014]. < <http://www.mchampetier.com/Henri-Georges-Adam-2076-en.html>>



Figura IV.3 y 4 e Henri Georges Adam “Señal”, 1961. Detalles del estado actual de la pieza y en el momento de su rehabilitación.



Figura IV.5 y 6 Henri Georges Adam “Señal”, 1961. Detalle

Alba, Fernando (1941-

Nace en 1941 en Folguerosa, Asturias, ha trabajado con todo tipo de materiales destacando el metal y la madera, tiene gran cantidad de obra pública en el ámbito asturiano.

Realiza sus estudios en la Escuela de Artes Aplicadas de Oviedo y en el círculo de Bellas artes de Madrid, en 1971 funda el Grupo Astur 71 junto con los escultores Mariano Navascués, Manuel Arenas, María Antonia Salomé y el pintor Alejandro Mieres⁴.

En la actualidad es profesor en la Escuela de Artes y Oficios de Oviedo.



Figura IV.7 Fernando Alba, *sin título* 1974.

Realizado en hormigón armado mediante encofrados de madera, la figura debe estar especialmente armada en los brazos para evitar roturas por flexión producidas por el propio peso del material y en los tres fustes para ayudar a la compresión que sufre por el peso del complejo superior. Figura coetánea a *La Edad del hormigón* de Ángel Mateos.

⁴Para más información acerca del artista véase VVAA. (2011). *Fernando Alba*. [en línea] . Oviedo: Fundación ABERTIS . [Fecha de consulta 18/03/2014].

<http://www.fundacioabertis.org/es/actividades/popup/pop_km207.htm>

Ashken, Tanya(1939-

Tanya Ashken nace en Londres en 1939, en 1957 estudia orfebrería en la Escuela de Artes y oficios de Londres, en 1961 estudia escultura en París y continua sus estudios en escultura al año siguiente en la *Escuela de Arte de Camberwel* de Londres. En 1963 se traslada a Nueva Zelanda donde se establece. Ashken realiza esculturas en bronce siendo en su mayoría abstracciones con formas orgánicas. En 1986 realiza para su localidad una escultura fuente, en hormigón blanco que se ha convertido en el icono de la ciudad.

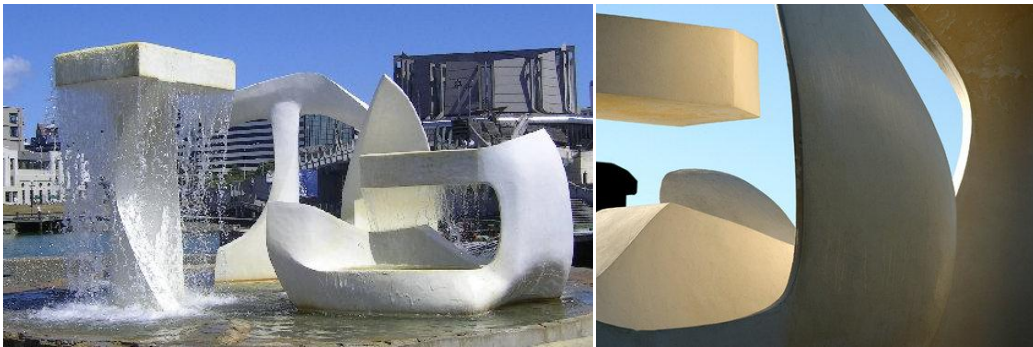


Figura IV.8 Tanya Ashken, *Albatros*, 1986.



Figura IV.9 y 10 Tanya Ashken *Albatros*, 1986. Detalles de la escultura.

La escultura puede realizarse mediante vaciado en hormigón por modelado en barro, tallado en poliestireno expandido o en la técnica de gunitado.

En el gunitado se crea una estructura metálica cerrada por un mallazo y en el interior del mismo un geotextil para que al proyectar el mortero no se cuele dentro de la pieza y vaya haciendo cuerpo la piel de la escultura, estando fresco el mortero fratasarlo y generar tersura mediante reglas. Una vez endurecido pintar del color deseado.

Si se realiza en modelado y vaciado, el molde debe de ser muy reforzado para contrarrestar el empuje del hormigón por su gran volumen.

Assler, Federico (1929-

Federico Assler, nacido en Santiago de Chile en 1929, ingresa en 1954 en la escuela de Arquitectura dejándola dos años después para ingresar en la Escuela de Bellas Artes de Villa del Mar. Integrado en el grupo de artistas escultores *Generación 50* junto con Raúl Valdivieso, Sergio Mallol y Sergio Castillo Mandiola, grupo interesado en la aplicación de las nuevas tecnologías en la Escultura.

Fue director del Museo de Arte Contemporáneo de la Universidad de Chile, Profesor en La Universidad Católica y en la Escuela de Artes Aplicadas de la Universidad de Chile. Se traslada a España donde vive durante diez años en Tenerife, de 1973 a 1983.

Regresa a Chile donde actualmente reside en el *Museo Casa Roca Negra*. En el año 2009 recibe el Premio Nacional de Artes Plásticas de Chile.

Assler lleva casi cincuenta años experimentando en la escultura y especialmente en la escultura en hormigón. Sus mayores logros los obtiene cuando aplica técnicas de modelado en negativo directo en poliestireno expandido, consiguiendo magníficos registros en esculturas monumentales y a pequeña escala. Tiene una cantidad ingente de obras de esa clase, expuestas tanto en museos, ciudades -especialmente chilenas y españolas- como en instituciones y particulares. El mejor centro para poder disfrutar de su escultura es su casa museo. Una manera de comprender su obra es escuchándole directamente a él defendiendo su obra, a través de la entrevista que se le hizo en la revista digital chilena *Portal de Arte*⁵.

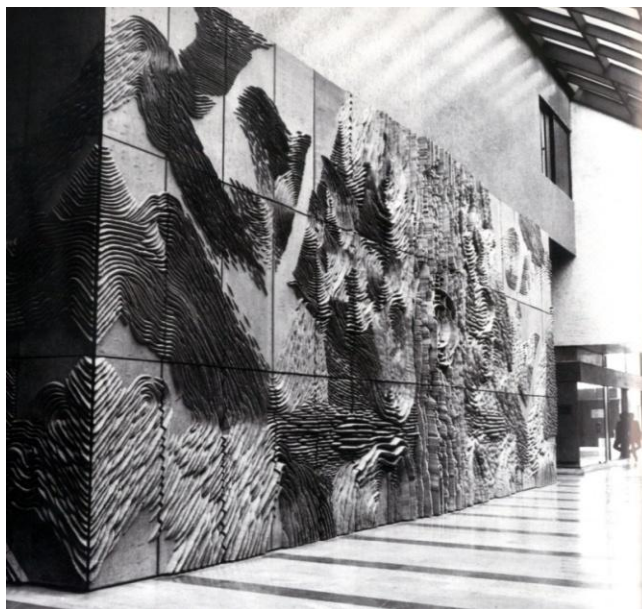


Figura IV.11 y 12 Federico Assler, *Mural bajo relieve en Santiago de Chile* 1981.

⁵Para más información acerca del artista véase .ASSLER, Federico, (2002). *Entrevistas, Federico Assler* . [en línea] Santiago de Chile: Portal de ARTE. [Fecha de consulta 18/03/2014].
<http://www.portaldearte.cl/entrevistas/ass_evol.htm >

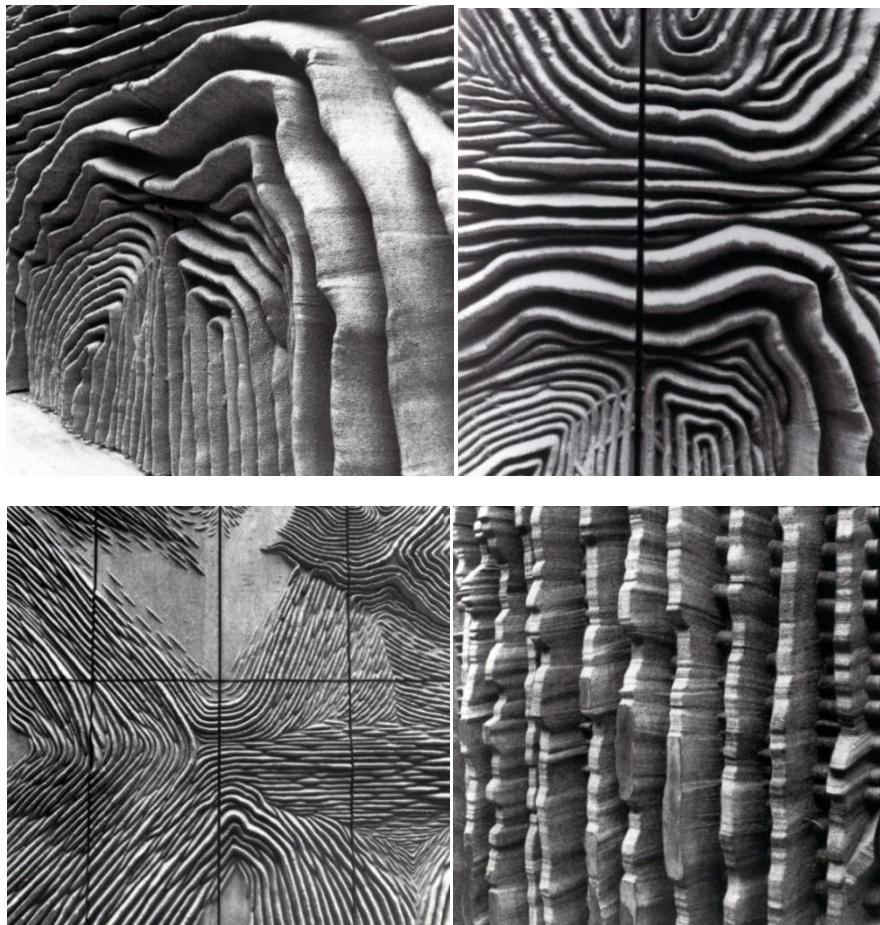


Figura IV.13 a 16 Cuatro detalles de las texturas conseguidas por Federico Assler con la técnica de modelado en negativo en poliestireno expandido.



Figura IV.17 Federico Assler“Impulso vital III”. 1986.

Dentro del capítulo VI de Anexos al capítulo IV se amplía la información de este autor viéndose detalladamente cómo realiza la técnica de vaciado en negativo en volumen mediante moldes de poliestireno expandido.

Bayer, Herbert (1900-1985)

Bayer nace en 1900 en la localidad Austriaca de Hagg, fue diseñador gráfico, pintor y arquitecto. Perteneció a la Bauhaus donde ingresó como alumno y en 1926 Gropius le nombró profesor director de impresión y publicidad. En 1925 diseña la fuente tipográfica *universal* hoy llamada *Archetype Bayer*.

En 1938 huye de la Alemania Nazi y emigra a Estados Unidos donde trabaja en las artes gráficas en la ciudad de Nueva York. En 1936 organiza en el MOMA la exposición de la Bauhaus⁶.

En 1968 se encarga de realizar una de las esculturas de la Ruta de La Amistad Para la conmemoración de los Juegos Olímpicos realizados en México. En 1975 se retira a la localidad californiana de Montecillo donde fallece diez años más tarde.



Figura IV.18 y 19 Bayer, Herbert “Muro Articulado” 1968.

Muro articulado es uno de los ejemplos de la utilización de repetición modular del hormigón, como a partir de un único encofrado o molde, por la repetición de piezas y

⁶Para más información acerca del artista véase BAYER, Herbert, (2011), *Herbert Bayer*. [en línea] .EEUU: Bayer. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.herbert-bayer.com/>>

únicamente por la variación de la colocación de las mismas se generan volúmenes escultóricos. Esta técnica se repite dentro de la utilización del hormigón en la escultura en diversos autores.



Figura IV.20 y 21. Fotografía con el equipo de natación de Estados Unidos en las olimpiadas de México 1968. Y fotografía del estado de la misma antes de la restauración.

Beljon, Joop (1922-2002)

Joop Beljon⁷, artista holandés que ha dirigido la Real Academia de Bellas Artes de la Haya durante veintisiete años, ha escrito diecisiete libros sobre arte, diseño y escultura, y en su labor artística se ha dedicado a la escultura pese a que en sus inicios en los años cincuenta se dedicase a diseños tipográficos.

En las décadas de los años sesenta y setenta realizó conjuntos escultóricos en hormigón y en la década de los ochenta realiza su obra en bronce.

Las piezas de hormigón de Beljon son abstracciones geométricas realizadas mediante encofrados de listones de madera o tableros. En parte de ellas está el hormigón pintado o pigmentado. Sus piezas normalmente son resultado de planos limpios destacando la verticalidad o la horizontalidad con influencias formales del suprematismo, abstracción, geométrica o constructivismo. Beljon fue uno de los artistas que participaron en el conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México. En esta ocasión realizó la pieza *Tertulia de Gigantes*.



Figura IV.26 a 29. Joop Beljon *Tertulia de Gigantes*, 1968.

⁷Para más información acerca del artista véase BELJON, Joop. (2014), *Joop Beljon*. [en línea] Holanda, Beijon. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.joopbeljon.nl/>>



Figura IV.30 y 31. Joop Beljon “Kunstwerk Rijkswaterstaat” 1969. Vista frontal y lateral



Figura IV.32 Joop Beljon, *Fuente para la Plaza de Mairie*, 1972.

Se aprecia en las esculturas el uso de listones y tableros de madera dispuestos en el sentido de la dirección del plano enfatizando la perspectiva de la pieza.

Burri, Alberto (1915-1995)

Alberto Burri nace en Citta Castello en 1915, en 1940 se licencia en Medicina en la Universidad de Perugia, y en la Segunda Guerra Mundial es alistado como tal. En Túnez es detenida su unidad en 1947 y se le envía a un campo de concentración en Estados Unidos, en Texas. Allí es donde comienza a realizar pinturas, y a su vuelta a Italia deja definitivamente la medicina por la pintura. Expone en Roma y posteriormente en la *Malborough* de Nueva York y en París.

En 1951 funda el *Grupo Origen*, entre los años 1953 y 1960 imparte clases de pintura en Estados Unidos y en 1960 participa con una retrospectiva suya en la Bienal de Venecia, en 1990 se le concede La Orden al Mérito Italiano.

Su obra es fundamentalmente pictórica siempre en el campo de la abstracción dentro de las corrientes del expresionismo abstracto y el Arte Póvera.

Pero en 1973 realiza su primer *Cretto* al cocer arcilla y caolín investigando en sus craquelaciones.



Figura IV.22 y 23. Alberto Burri ,*Gran Cretto*, 1985-1989.



Figura IV.24. Alberto Burri ,*Gran Cretto*, 1985-1989. Detalles

Durante los años 1985 a 1989 realiza el *Gran Cretto*, donde Alberto Burri entierra bajo hormigón blanco toda una población devastada por un terremoto en los años sesenta. Es, sin lugar a dudas, la intervención más grande realizada en hormigón, abarcando más de 80.000m². La altura de los módulos es de 160 cm y la anchura de las calles que coincide con el entramado original es de 2 a 3 m.



Figura IV.25 Alberto Burri, *Gran Cretto*, 1985-1989. Detalles

Este es un buen ejemplo en el que, para abaratar costes y dada la sencillez de las formas, se debería haber utilizado un hormigón ciclópeo, utilizando todos los sillares posibles del lugar para no gastar tanta pasta de mortero en la unión de toda la masa para este gran complejo.

Cannon, Robert (1969-

Robert Cannon⁸, es un escultor norteamericano nacido en Flemington, Nueva Jersey, en 1969. Estudia Bellas Artes en Yale, donde se licencia con honores.



Figura IV.33 y 34 Robert Cannon, *Drapedbust* 2013, Robert Cannon, *Female Amorded Torso* 2013 .



Figura IV.35 Robert Cannon, *Swell* 2013.

Realiza una serie de esculturas en hormigón armado llamadas *Tierra-conformación*, a las cuales les añade en intersticios creados en ellas mismas a tal efecto sustrato vegetal, musgo y plantas, creando esculturas vivas y cambiantes con el crecimiento e invasión de las mismas.

⁸Para más información acerca del artista véase CARDENILLO (2013). *Robert Cannon* .[en línea] EEUU: Eco1start. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://eco1start.com>>

Cardells, Joan (1948-

Cardells nace en Valencia en 1948, estudia primero en la Escuela de artes de oficios y posteriormente en la Escuela Superior de Bellas Artes de Valencia. Es miembro del “Equipo Realidad”⁹ desde su fundación en 1966 hasta su disolución en 1977. Ha representado a España en Bienales Europeas y fue seleccionado para participar en *L’Art pour l’Europe* en 1989.¹⁰ Su obra primordialmente es gráfica pero en 1977 comienza una serie de esculturas realizadas con Uralita, que es la mezcla entre fibra de amianto, cemento y agua.

Para realizar este tipo de esculturas superponía sobre un molde la fibra de amianto empapada en cemento mezclado con agua a modo similar de un vaciado en hueco. Esta técnica está prohibida actualmente en Europa dado que el polvo que desprende el amianto en su manipulación por inhalación es altamente cancerígeno.

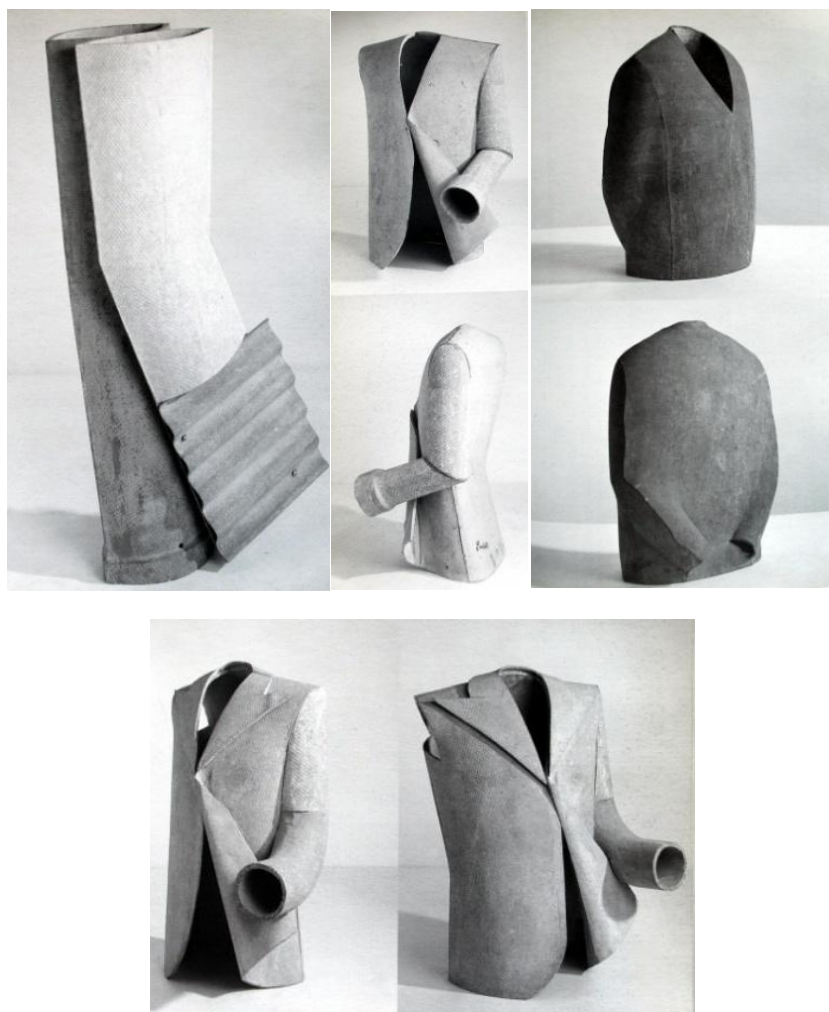


Figura IV.36 a 37 Joan Cardells *Uralitas* 1898.1978, 1903.1978, 1930.1982 y 1902.1978.

⁹“Equipo Realidad” lo forman Cardells y Jorge Ballester durante 1966 a 1977 su manifiesto es servir a la sociedad a través del Arte. : CARDELLS. (1999). *Cardells; Dibujos, Uralitas, Riñas*, Valencia, Ed IVAM Generalitat Valenciana. página 73.

¹⁰Id 9.

Castagna, Pino (1932-

Pino Castagna nace en Castelgomberto, Italia, en 1932, realiza sus estudios de Bellas Artes en Verona y Venecia, en 1981 participa en la Bienal de Venecia en representación de Italia¹¹. Es un escultor que abarca gran cantidad de materiales y su combinación entre ellos. Con el hormigón realiza en los años ochenta piezas en una serie llamada “*Muro*” en la que desarrolla conjuntos de formas similares a libros de gran tamaño, con la sensación de que un muro que se desploma.

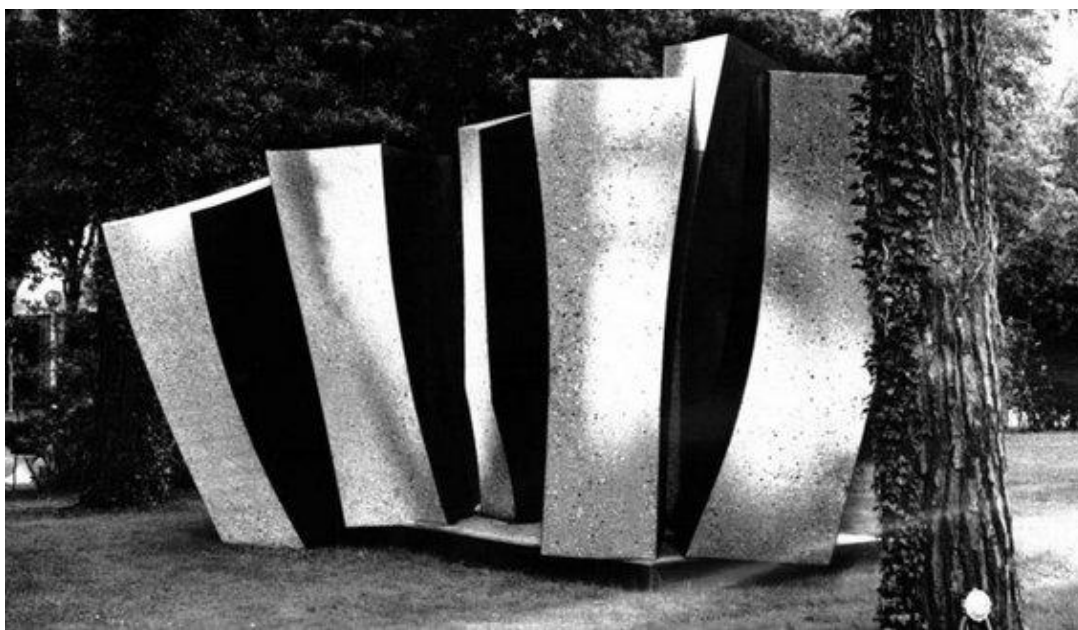


Figura IV.38 Pino Castagna, *Muro* 1983-1984.



Figura IV.39 y 40. Pino Castagna, *Foresta di Birnam*, 1990.

¹¹Para más información acerca del artista véase VVAA (2013), *Pino Castagna*. [en línea]. Italia: BERENGO Studio. [Fecha de consulta 20/05/2014].
<http://www.berengo.com/?visibile_cont=&id_pagina=84&id_pagina_2=96&id_pagina_3=123&Lang=_2&artists-Artists-Pino-Castagna.html>

Estas piezas las realiza en hormigón armado con encofrado de tableros de madera curvados excepto los laterales que los dispone de acero corten y una vez fraguado y endurecido el hormigón no los retira quedando como tapas de la pieza, generando un contraste entre las piezas del conjunto y potenciando la oscuridad entre ellas.



Figura IV.41 Pino Castagna , *Monades*, 1997.

Monades (unidades), escultura destinada al campus de la *Universidad tecnológica de Savoie* en Francia, realizada en hormigón armado y acero corten, siendo utilizado el acero como encofrado en los laterales de la pieza.

Ceschia, Luciano (1926-

Nace en Tarenti, Italia, en 1926, hijo de una familia muy humilde. Viendo su vocación artística, comienza trabajando en talleres de decoración, talla, pintura, restauración, ebanistería y ya en 1946 ingresa en la Escuela de Arte de Venecia sin llegar a concluir sus estudios. Comienza un periodo de su vida en el que viaja y trabaja por Europa. En Francia toma contacto con el Arte Moderno¹².

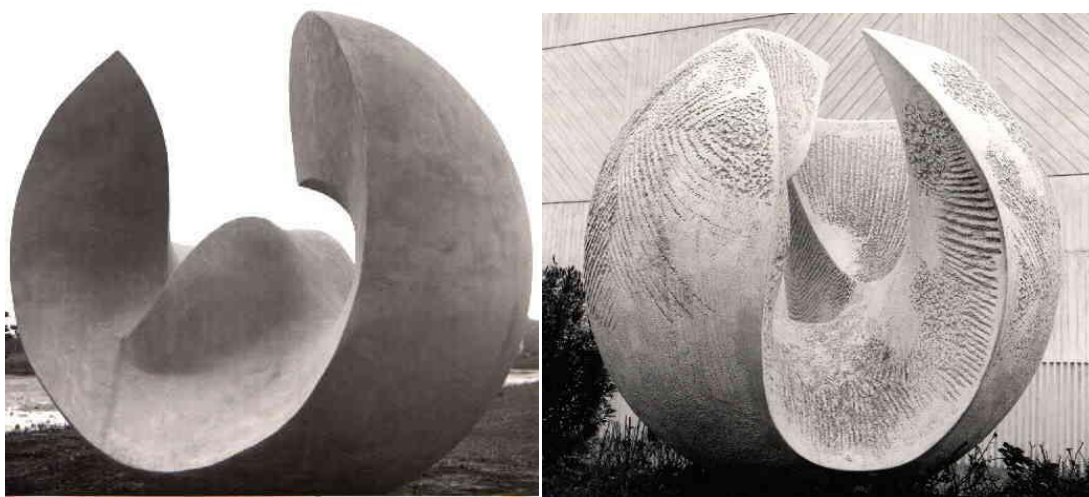


Figura IV.42 y 43 Ceschia, Luciano, *Esferas*, 1974 y 1980 .

La segunda pieza está trabajada a talla de puntero después del fraguado y desencofrado.



Figura IV.44 y 45. Ceschia, Luciano, *Esferas*. 1988.

¹²Para más información acerca del artista véase CESHIA, Luniano (2014). *Opere plein aire*..[en línea] Tarcento: Ceschia [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.lucianoceschia.it>>

Piezas de compleja realización después de haber realizado la superficie de revolución mediante barro o poliestireno expandido y realizado el molde fuertemente armado mediante estructura metálica, tirantes, bridas exteriores. Se debe haber vaciado haciendo el vertido por la base.

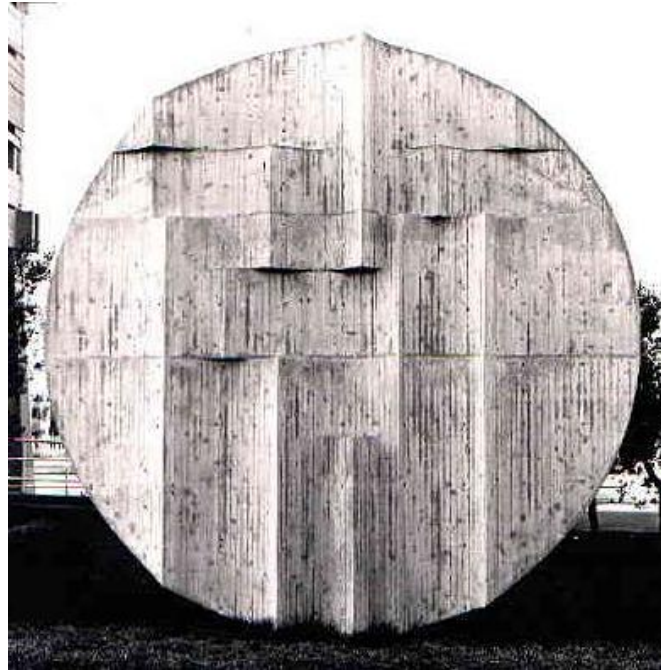


Figura IV.46. Ceschia, Luciano, *Disco*, 1976.

Se aprecia en la fotografía que la escultura disco fue realizada mediante un encofrado a base de listones de madera dispuestos verticalmente en tres tramos.



Figura IV.47. Ceschia, Luciano, *Monumento a la resistencia*, 1975.

Escultura realizada en hormigón armado mediante un encofrado de madera con tabloncillos y tableros plegados. - Figura IV.47-

Chillida, Eduardo (1924-2002)

Eduardo Chillida, escultor nacido en 1924 en San Sebastián, España, comienza sus estudios en Arquitectura no concluyéndolos y dejándolos en 1948. Posteriormente se traslada a París para dedicarse a la escultura y es allí, en 1950 donde realiza su primera exposición.

Desde entonces Chillida logró los mayores y mejores premios en el ámbito de la escultura y tiene obra expuesta en más de una veintena de museos, en espacios públicos en ciudades como Berlín, Madrid, y Washington, entre otras. Primordialmente la obra escultórica de Chillida está realizada en acero o piedra pero para obra expuesta al aire libre también utilizó el hormigón. Las obras de Chillida en este material son de carácter monumental, con una realización y ejecución laboriosa, por la forma que tienen alguna de ellas.



Figura IV.48 Eduardo Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974.

Eduardo Chillida se apoyó para la realización de gran parte de estas piezas en el asesoramiento del Ingeniero de Caminos Fernández Ordoñez, algunas de estas obras fueron realizadas en sus talleres de *PACABAR* en la Comunidad de Madrid. En general las piezas de Chillida realizadas en hormigón y expuestas al exterior, presentan muchas patologías. Chillida estéticamente se decantaba por un hormigón mas basto, con carácter propio, que marcara las texturas de realización y sus entrañas. Esto hace que armaduras del interior afloren y se oxiden algunos encofrados tomen mucho protagonismo y una realización poco cuidada hace que aparezcan coqueras considerables. Es posible que Chillida no le diera trascendencia al mal envejecimiento de las mismas por una incorrecta ejecución o prefiriese que el hormigón muriese poco a poco viéndose ese deterioro.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Chlupác, Miroslav (1920- 2008)

Miroslav Chlupác nació en Benesov, Chequia en 1920, se formó en Bellas Artes en la Academia de Arte de Praga, formó parte del grupo artístico checo *Maj 57*, vivió y trabajó en la ciudad de Praga. Su obra es fundamentalmente pictórica con gran influencia cubista. En escultura realiza sobre piedra figuras antropomórficas sintéticas y abstracciones con formas suaves y cerradas, extraídas de paralelepípedos simples.

Chlupác fue uno de los escultores llamados para realizar una de las estaciones del conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* realizado para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México.

Para esta ocasión Chlupác realizó una escultura en hormigón que consta de tres piezas muy semejantes de una altura de 12 metros, la parte frontal de cada pieza tiene superficies curvas similares a formas orgánicas, mientras que la trasera son planos y de vértices angulosos rectos a lo largo de toda su altura. Dos de las piezas se miran por su parte roma y una tercera mira a estas.

Las dos piezas enfrentadas son de color rosado mientras que la tercera está en color violeta.



Figura IV.49 y 50. Miroslav Chlupác, *Las tres Gracias* 1968.

Coppinger, Sioban (1955-

Sioban Coppinger, nacida en 1955, es una escultora afincada en el Reino unido donde realizó sus estudios en la Escuela de Bellas Artes de Bath (BA hons, UK) entre 1974 y 1977. Desde el momento de su graduación ha realizado gran cantidad de obras no solo escultóricas sino también pintura y obra gráfica.¹³ Dentro de su faceta escultórica predominan los trabajos en bronce y hormigón.

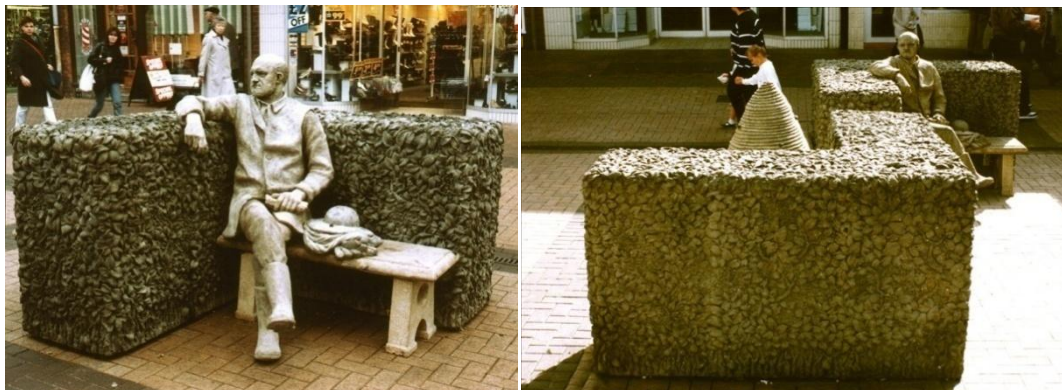


Figura IV.51 y 52 Sioban Coppinger. *Beeston Seat*. 1987.

“Beeston Seat” es un homenaje a un héroe local apicultor, la técnica de realización es mixta, parte de la misma esta modelada en barro y vaciada en hormigón por piezas y posteriormente montadas. El personaje salvo partes como las manos y la cabeza que necesitan mayor detalle, se realizan por modelado y vaciado. El resto del cuerpo está realizado con modelado del cemento en directo.



Figura IV.53 y 54. Sioban Coppinger realizando una de sus esculturas mediante modelado directo y escultura “Hombre y oveja” durante su proceso de ejecución.

¹³Para más información acerca de la escultora véase COPPINJERC, Sioban. (2012). *Sioban Coppinger* .[en línea] UK:Sioban Coppinger [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

La escultora pidió asesoramiento en la Asociación para el fomento del Cemento y el Hormigón del Reino Unido (C & CA), allí la indicaron que tipo de procedimiento y materiales, aditivos debería utilizar para el trabajo que quería realizar.

La asesoraron en la utilización del *SBR* (caucho estireno-butadieno) ¹⁴con este aditivo mezclado con el agua a partes iguales hacia que la masa tuviese mejor trabajabilidad y facilitase el modelado directo, además de impermeabilizar más el material y hacerlo más resistente a las heladas.



Figura IV.55. Sioban Coppinger *Hitch and his pet* 1984.



Figura IV.56 y 57. Fotografías del proceso de ejecución de la escultura *Hombre y oveja*

¹⁴El SBR es el caucho sintético de mayor producción mundial, fue desarrollado por I.G. Farbenindustrie (Alemania) en 1930

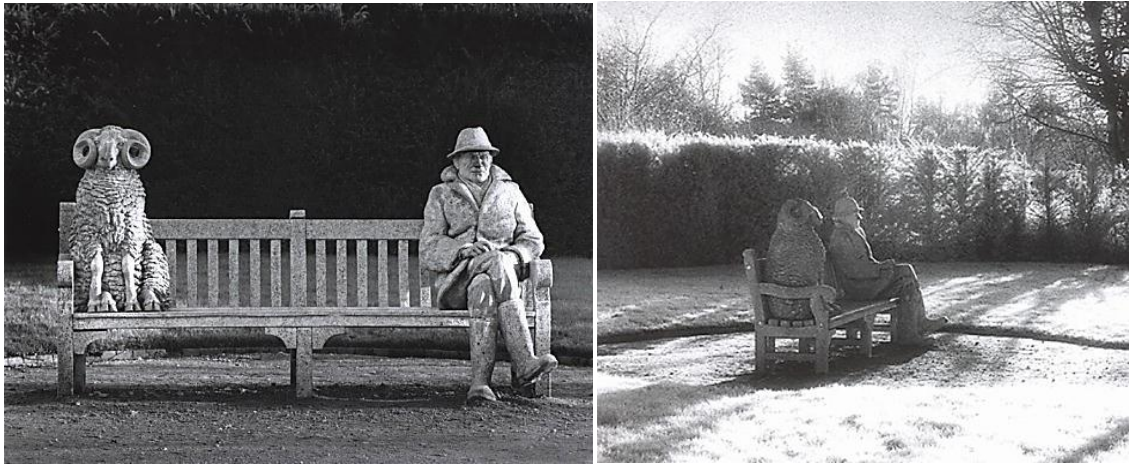


Figura IV.58 y 59. Sioban Coppinger, *Man & Ewe on park bench*, 1982.

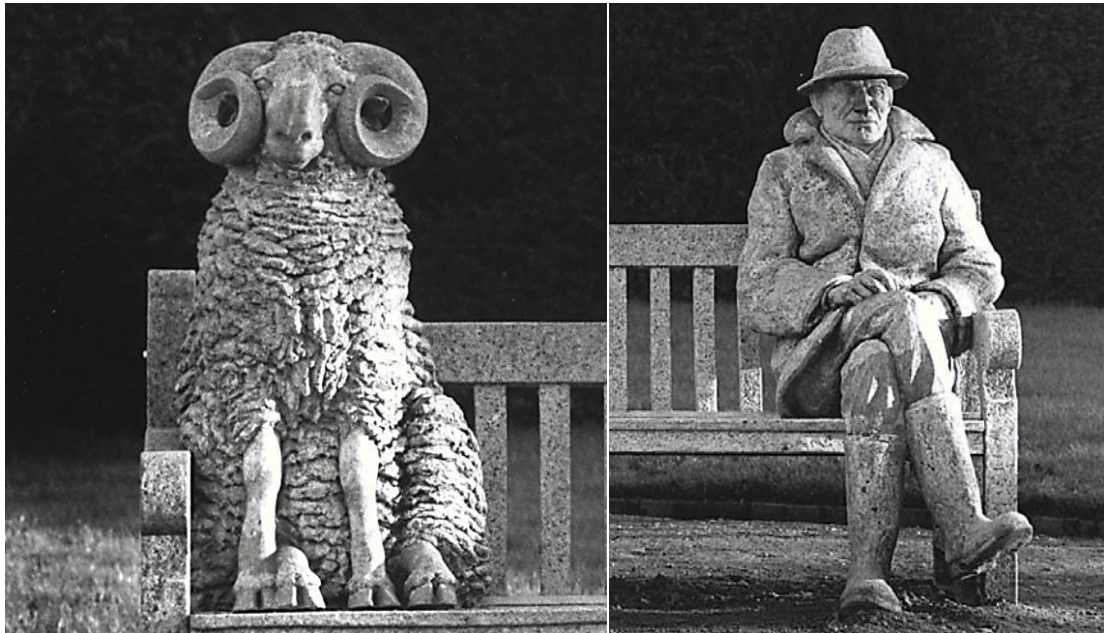


Figura IV.60 y 61. Sioban Coppinger, *Man & Ewe on park bench*, 1982. Detalles

El modelado directo lo realizaba sobre una estructura realizada con alambre de acero galvanizado colocado sobre un caparazón realizado de poliestireno expandido sobre ellos aplicaba una doble capa de tela de gallinero galvanizada para evitar la oxidación, aplicaba la masa y modelaba la pieza.

Partes como las manos, la cara del hombre, la cabeza del carnero y los cuernos fueron realizados previamente mediante modelado en barro, vaciado en hormigón y anclados al conjunto de la pieza en el momento del modelado con el resto de la masa.

Dazinger, Itzhak (1916-1974)

Dazinger nace en Berlín en 1916, a los diez años se traslada a Palestina y se establece en Jerusalén. Entre los años 1934 y 1937 estudia Bellas Artes en el *Slade School of Fine Art* de Londres donde disfruta del estudio de los restos arqueológicos de Oriente Medio, Persia y Egipto del *British Museum* de Londres.

Ha sido galardonado con gran cantidad de premios a nivel nacional en Israel y su obra fundamentalmente se encuentra allí.

Dazinger ha manejado gran variedad de estilos escultóricos no encasillándose en ninguno al igual que en cuestión de materiales se puede decir que ha predominado el uso del metal y la piedra.

Fue el representante de Israel para el conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 organizados en México con su escultura *Puerta de la Paz*.



Figura IV.62Dazinger. *Puerta de la Paz* 1968.

La escultura fue realizada en hormigón armado mediante un encofrado de tableros como se aprecia en textura superficial de la pieza de la fotografía aportada y posteriormente pintada.



Figura IV.63 y 64. Dazinger, *Serpentina*, 1975, detalle de la escultura en la actualidad, y detalle de la escultura utilizada en sello israelí.

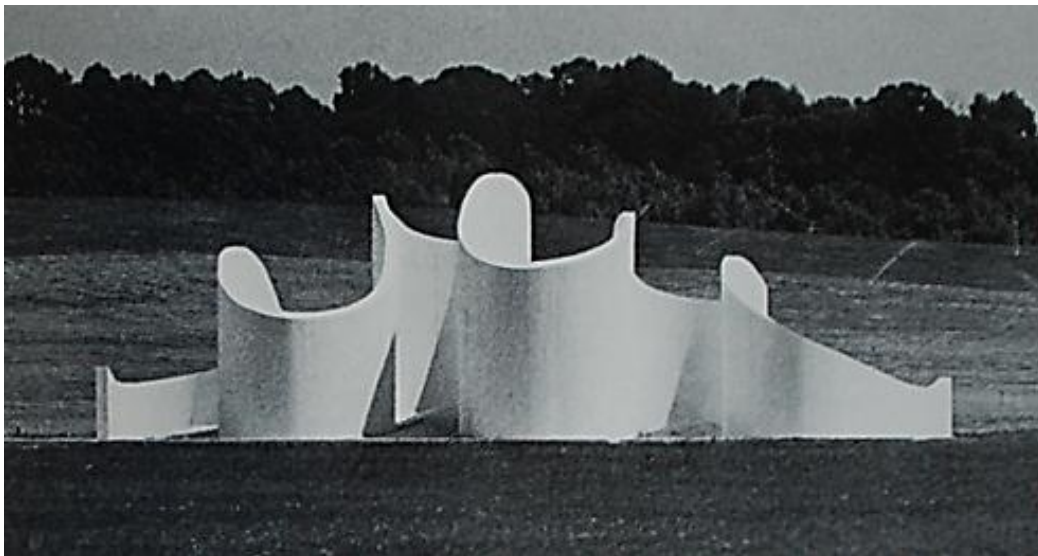


Figura IV.65. Dazinger, *Serpentina*, 1975 vista del total.

Duarte, Ángel (1930-2007)

Duarte nace en la localidad Cacerña de Aldeanueva del Camino en 1930 en el seno de una familia humilde. En 1934 se trasladan a Madrid donde dos meses antes de terminar la Guerra Civil la metralla de una Bomba termina con la vida de su madre y su hermana. Al terminar la contienda su padre les envía de vuelta a Aldeanueva del Camino a su hermano y a él. En 1944 regresa a Madrid donde comienza a trabajar en el taller de un orfebre y por las tardes ingresa en la Escuela de Artes y Oficios de la calle de la Palma, asistiendo también a los cursos ofrecidos en el Círculo de Bellas Artes de Madrid donde conoce a Agustín Ibarrola.

Una vez realizado el servicio militar se traslada a París donde conoce a los artistas exiliados en París y los que están estudiando allí como Chillida, Palazuelo o Eusebio Sempere.

En 1957 en París, funda junto con Agustín Ibarrola, José Duarte y José Serrano el Equipo 57 que prestó especial atención a la abstracción geométrica del espacio curvo, la relación entre lo positivo y lo negativo, lo cóncavo y lo convexo. Fue uno de los grupos más fecundos de la época.

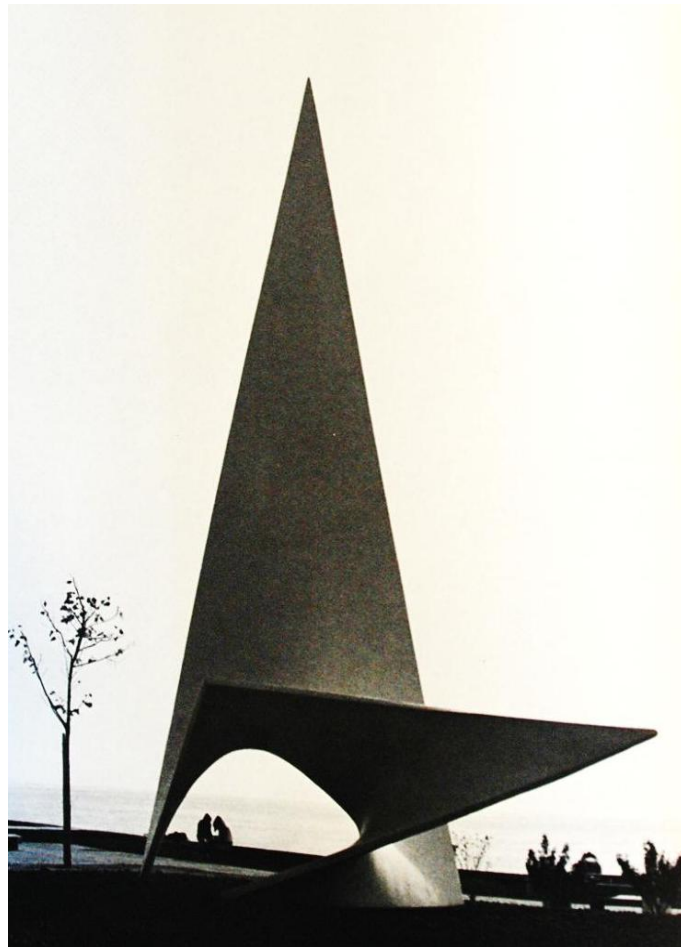


Figura IV.66 Duarte, Ángel., *Talking Flight*, 1976.

De esta etapa comentó el artista:

“La experiencia del equipo 57 ha sido la más apasionante de mi vida. Vivir, por un momento, y creer en la fraternidad, ese sueño por el que tantos han muerto. El trabajo en equipo es muy duro, pero el abandonarlo también lo es. En cierta medida, el volver a trabajar sólo significa volver a la jungla, a marcar tu terreno”¹⁵

Ángel Duarte 1995.

Posteriormente se integró en el grupo Y, junto con Walter Fischer y Robert Tanner. Finalmente se instaló en Suiza hasta que muere en Sion en el 2007.

Su obra fundamentalmente es el resultado de abstracciones geométricas y dentro de su prolífico trabajo escultórico destacan las figuras espaciales basadas en paraboloides hiperbólicos realizados mediante varillas de acero inoxidable.

En Suiza realizada en hormigón armado una escultura con encofrado de tablonos, generando los paraboloides hiperbólicos típicos de su obra.¹⁶

En la actualidad, un trabajo semejante se podría realizar más cómodamente y rápido mediante gunitado. Colocando una estructura metálica de doble mallazo generando el volumen y una tela metálica o geotextil para que sustente y proyectar sobre el mismo hasta conseguir el espesor adecuado y posteriormente para conseguir una piel tersa se deben pasar las reglas desde los vértices para generar el paraboloide.

También se puede realizar mediante encofrado textil colocando el paño desde la línea de los vértices para generar el paraboloide y endurecer el mismo mediante resinas, una vez endurecido y arriostrado o colocado sobre una cama de arena por ejemplo, se hormigona encima y para que la otra cara quede tersa se pasan las reglas desde los vértices.

¹⁵CANO, J. (2008) *Ángel Duarte. Más allá del Equipo 57*. Madrid: Indugráfica Artes Gráficas Pag 60.

¹⁶Para más información del artista véase VVAA. (1993). *El Equipo 57*. Madrid: Museo Nacional Centro Reina Sofía y Id 15.

Dubon, Jorge (1938-2004)

Jorge Dubon¹⁷ nace en Chiapas, México aunque tiene doble nacionalidad Franco-Mejicana. Estudia en la Escuela Nacional de Pintura y Escultura *La Esmeralda* y posteriormente de 1956 a 1961 estudia Arquitectura en la Universidad Nacional. Se traslada a París en 1961 donde continúa su formación en el Instituto Urbano de París, participando en 1963 en la segunda y tercera Bienal de París. En 1965 realiza un máster de arquitectura en *la Universidad de Harvard*.

Tiene escultura pública de gran porte en trece países diferentes, en las que sus materiales más utilizados son el acero y la madera.¹⁸

En 1968 se le encarga la realización de una de las piezas para en conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México, creando la *Estación 18*.



Figura IV.67 a 69. Jorge Dubon, *Estación 18*, 1978 la Ruta de la amistad en México, por Jorge Dubon en hormigón armado pintado, fotografías de su estado original y actual variando sustancialmente los colores originales y sufriendo desconchamientos de la pintura aplicada.

¹⁷Para más información del artista véase DUBON, Jorge, (2012). *Esculturas*. [en línea]. México: Jorge Dubon. [Fecha de consulta 01/04/2012]. <<http://www.jorgedubon.org/>>

¹⁸En Madrid se puede apreciar la escultura *Viga* en el *Parque Juan Carlos I* realizada en 1992.

Dzmonja, Dusan (1928-

Dzamonja es un escultor nacido en 1928 en Macedonia. Ingresó en 1945 en la Academia de Bellas Artes de Zagreb graduándose en 1951, en 1953 comienza a trabajar en su propio estudio, y en 1977 gana el Premio Rembrandt de la Fundación Goethe. Posteriormente en 1987 se traslada a Bruselas y en la actualidad vive y trabaja entre Zagreb y Bruselas.¹⁹

La obra de Dzamonja está centrada en la abstracción, que suele desarrollar con acero corten y mármol, pero en los años sesenta realizó grandes piezas realizadas en hormigón. Estos monumentos se encuentran en la anterior Yugoslavia, y se erigieron para conmemoraciones de diversos sucesos de la Primera y Segunda Guerra Mundial. Dada las proporciones de las piezas, de carácter monumental, el coste de las mismas en piedra hubiese sido muy elevado. La mayoría de las piezas fueron realizadas mediante encofrados de madera y en algunos paños con planchas metálicas.

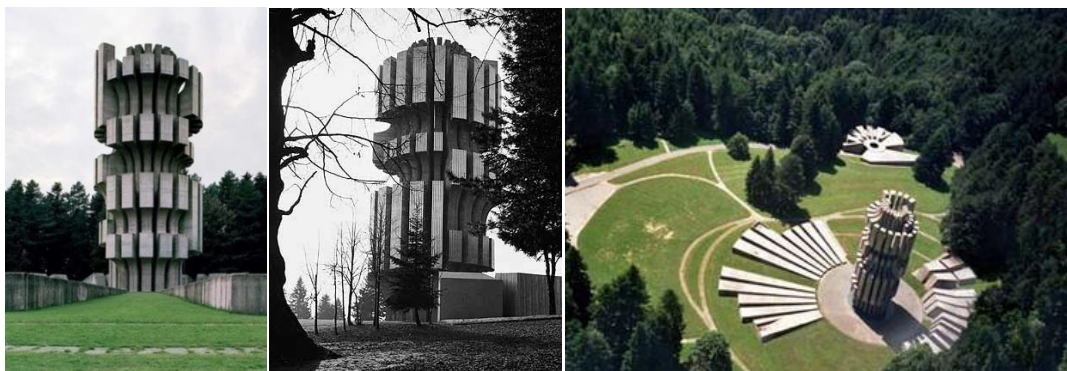


Figura IV.70 a 72. Dzamonja *Monumento a la Revolución*, 1972.

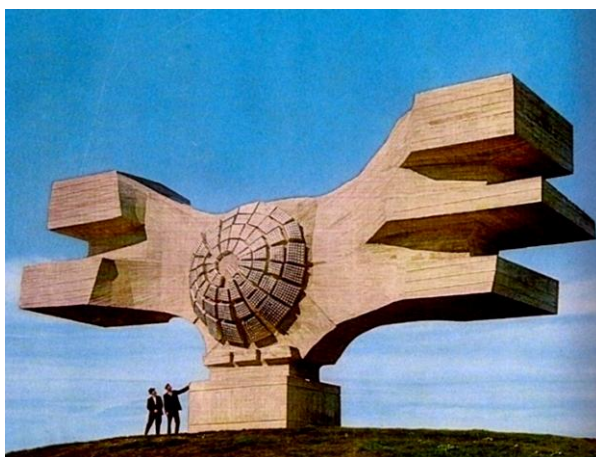


Figura IV.73. Dzamonja. *Monumento a la Revolución en Misoslavina*, 1967.

¹⁹Para más información acerca del artista véase DZMONJA, Dusan . (2012). *Dusan Dzmonja*. [en línea] Zagreb: Dusan Dzmonja [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.dusan-dzamonja.com/the_sculptor/dus_mon_kozara.htm>

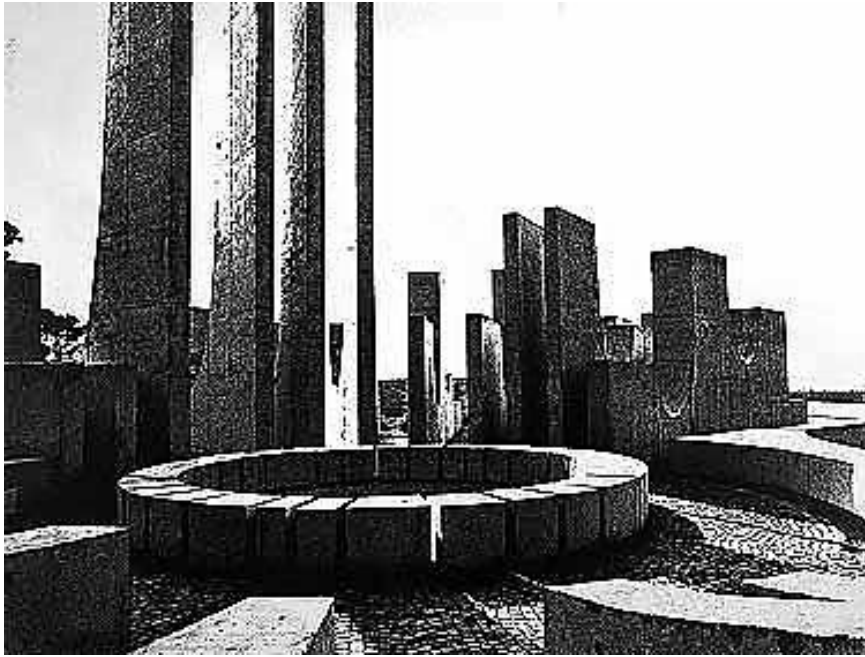


Figura IV.74.Dzamonja, *Memorial osario de los muertos caídos en combate durante la primera y segunda guerra mundial*”, 1970, Se aprecia textura exterior realizada al chorro de arena.

En el caso del monumento de Barleta el encofrado fue realizado con planchas formando una retícula en los planos y posteriormente fue sometido a un chorro de arena para sacar el árido grueso del interior dejando una textura mucho más rugosa que las anteriores.

Escobedo, Helen (1934-2010)

Helen Escobedo nació en Ciudad de México en 1934, hija de padre mejicano y madre inglesa, se licencia en humanidades aunque posteriormente ingresa en la *Royal College of Art* de Londres. Fue directora del *Museo de Arte Moderno* de México y académica de la Real Academia de Ciencias y Artes de Bélgica. En 1990 obtuvo la *Beca Simón Guggenheim*. Escobedo fue una de las artistas de vanguardia en el Arte hispanoamericano, siempre dentro de la escultura y en las últimas décadas centrada en la realización de instalaciones artísticas.



Figura IV.75 y 76 Helen Escobedo. *Puerta del viento*, 1968.

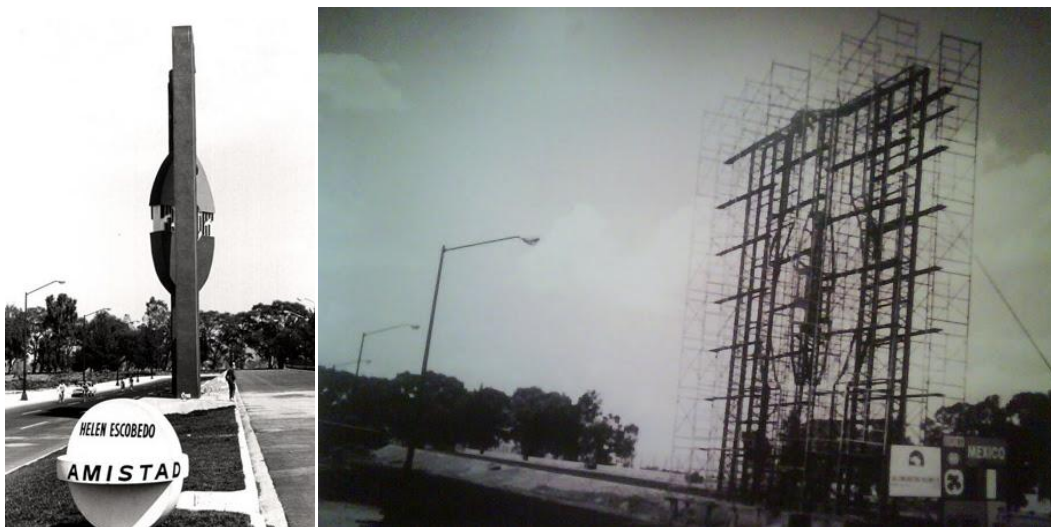


Figura IV.77 y 78. Helen Escobedo, *Puerta del viento*, 1968, fotografías de la escultura en su estado original y en la realización de la misma.

Fekete, Gabriella (1944-

Gabriella Fekete es una escultora de origen húngaro que tras un periplo durante su infancia a través de Austria, Alemania y Francia, al final se establece en Düsseldorf, donde estudia en la Academia de Arte, y posteriormente obtiene becas para completar su formación en Alemania, Francia y Suiza.

Sus obras son de formas simples y aterritadas, dispuestas en conjuntos similares a los realizados por culturas prehistóricas megalíticas pero a menor escala o figuras antropomórficas dispuestas en serie formando retículas.

Las piezas las realiza mediante modelado y vaciado en hormigón, a molde perdido en piezas únicas y con moldes con materiales flexibles cuando es seriado.



Figura IV.79 a 81 Gabriella Fekete, *Sculpture Courtyard 3*, 1984.



Figura IV.82 y 83. Gabriella Fekete, *Skulpturland schaf*, 1979.

Sobre la pieza la escultora comenta:

“La escultura se basa en el alfabeto. Tomé el contorno de las letras y les hice en tres dimensiones. Las formas resultantes son naturales y originales. Estas formas naturales tienen por objeto proporcionar un contrapeso visual y sensorial con el medio ambiente que tienen los alumnos, las figuras en su mayor parte de son forma geométrica. Con las esculturas se pretende inducir a los observadores a subirse, sentarse en ellas, jugar a las escondidas entre ellas. Por otra parte, con su carácter monocromo deliberado se pretende fomentar un sentido creativo del color. Esto podría tomar la forma como un proyecto de grupo, dirigido por un profesor de arte.”²⁰

²⁰ Texto tomado de la página web de la escultora FEKETE, Gabriella (2010). *Sculpture land scape* Fekete.G. [en línea] París: Fekete. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.gabriella-fekete.de/en/sculpturelandscape.html>> texto original:

“The sculpture is based on the alphabet. I took the outlines of the letters and made them three dimensional. The resulting forms are natural, original. These natural forms are intended to provide a visual and sensory counterweight to the pupils’ predominantly geometrically shaped environment. The sculptures are meant to encourage observers to climb them, sit on them, play hide and seek among them. Moreover, their deliberate monochrome character is intended to encourage a creative sense of colour. This could take the form of a group project headed by an art teacher.”

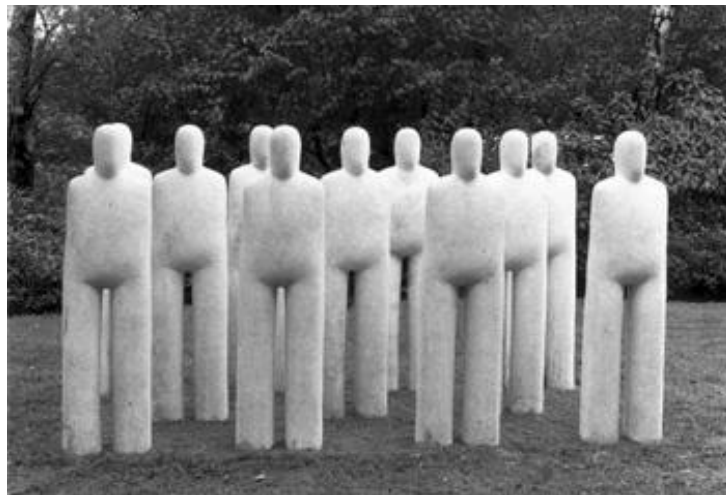


Figura IV.84. Gabriella Fekete, *Machines*, 1974.

Sobre el grupo escultórico *Machines* la artista reflexiona lo siguiente:

“Nuestra forma de vida actual con frecuencia amenaza la pérdida de la individualidad. El robot, el hombre-máquina, es efectivamente la realidad. Aunque esto no es nada nuevo, me obliga a explorar, y para ello hago uso de los medios de expresión artística a mi disposición...”²¹

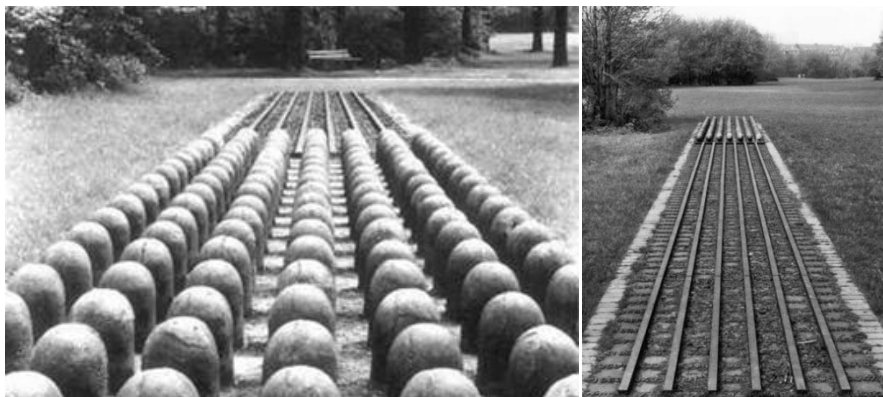


Figura IV.85 y 86. Gabriella Fekete, *Time line*, 1981.

La pieza *Time line* está realizada con 140 cabezas de hormigón dispuestas en retícula de las que parten seis railes de acero entre los cuales se han dispuesto placas de acero con números de cuatro cifras aleatorios.

²¹ Texto tomado de la página web de la escultora FEKETE, Gabriel(2010). *Sculpture land scape* Fekete.G.[en línea] París:Fekete. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.gabriella-fekete.de/en/sculpturelandscape.html>> texto original:

“Our current way of life frequently threatens a loss of individuality. The robot, the man-machine, is effectively no longer fiction. Although this is nothing new, it forces me to explore, and to this end I make use of the artistic means of expression available to me...”

Ferrant, Ángel (1890-1961)

Escultor español nacido en Madrid, hijo del pintor Alejandro Ferrant, realiza sus estudios en las escuelas de Artes y Oficios de Madrid pertenecientes a la Academia de San Fernando. En 1913 realiza su primer viaje a París donde conoce las últimas vanguardias del momento. Consigue la plaza de profesor en la Escuela de artes y oficios de la Coruña en 1918 y dos años más tarde se traslada a Barcelona siguiendo con su labor docente. En 1926 consigue el Premio Nacional de Escultura. Durante los años 1929 a 1932 viaja repetidas veces por Europa empapándose de las últimas vanguardias, y en 1932 se incorpora al grupo ADLAN (Amigos del Arte Nuevo).

En 1934 regresa a Madrid durante la Guerra Civil Española. En 1948 funda junto con Mathias Goeritz la *Escuela de Altamira*. Realizan la exposición *Los Nuevos Prehistóricos* con Goeritz y Palazuelo entre otros.

Los grupos *Dau al Set* y *El Paso* lo tratan como maestro, es convocado para la representación de España en bienales y trienales de Europa y América.

En 1950 coincide con Tapies en el VII Salón de los Once. En 1951 expone junto a Oteiza, Serra y Ferreira en galerías de Madrid, Barcelona y Bilbao.



Figura IV.87. Ferrant, Ángel, *Figura 51*, 1955, Obsérvese las incisiones realizadas parecidas a las realizadas por Henry Moore.

En 1954 participa en *Antología de la Escultura contemporánea* con su antiguo alumno de las Escuelas de Artes y Oficios, José Luis Sánchez entre otros. Este mismo año, colabora con

los artistas del Grupo *El Paso* en la *Semana del Arte Abstracto de España*, en la que Ferrant, Chirico y Chillida muestran sus esculturas. Muere en julio de 1961.²²

Según Carmen Bernárdez y Olga Fernández del Museo de Arte contemporáneo Patio Herreriano:

“Ángel Ferrant comparte una misma sensibilidad artística con las obras de Calder, Arp, Moore, Torres-García, Klee, Noguchi o el Picasso de los treinta, a partir de una sintonía conceptual y formal en el debate suspendido entre abstracción y figuración, en las relaciones entre naturaleza y geometría, entre proceso creativo y percepción o en la utilización de técnicas de ensamblaje y combinación, que le proyecta más allá de las fronteras nacionales, identificándose con una vía modernizadora que permite, a través de su figura, enlazar la tímida vanguardia española con las corrientes internacionales.”²³



Figura IV.88 y 89. Ferrant, Ángel, *Ibera*, 1951 .

La pieza está firmada y fechada con *Ferrant 51* su ubicación actual es la colección Bassó en Barcelona, datos procedentes del Libro Ángel Ferrant, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. 1999, páginas 45 y 320. Ángel Ferrant escribe en una carta a Víctor y Anita Imbert el 18 de julio de 1951 hablando así del cemento “*Es un material magnífico, que se adapta a un pensamiento de la forma que aún permanece inédito*”.²⁴

²²Véase la cronología artística realizada por, LLORENTE HERNÁNDEZ, Ángel. (1999). *Ángel Ferrant*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, páginas 277 y 308.

²³Texto tomado de: VVAA, (2002). *Fondo Ángel Ferrant*, [en línea] Valladolid: Museo Patio Herreriano. [Fecha de consulta 10/05/2014].
<http://www.museoph.org/AngelFerrant/obras_del_museo/esculturas>

²⁴ Texto tomado de: ARNALDO, Javier. (1999). *Ángel Ferrant* Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, página 44.

Fonseca, Gonzalo (1922-1997)

Gonzalo Fonseca es un pintor y escultor uruguayo nacido en Montevideo en 1922, comenzó los estudios de arquitectura no concluyéndolos al ingresar en el taller del pintor Torres García. Viaja por Hispanoamérica estudiando y explorando la cultura precolombina. En la década de los cincuenta viaja a Europa, se instala en París durante un año trabajando en un taller de cerámica. Un año más tarde expone sus cerámicas en Roma, se traslada a Nueva York donde se le concede la Beca Simón Guggenheim.

La obra escultórica de Fonseca se realiza generalmente en piedra y se identifica al realizar dentro de la misma, restos arqueológicos precolombinos o viviendas de indígenas, a base de formas geométricas básicas.

Tiene obras expuestas en los mejores museos de arte moderno de Estados Unidos y ha expuesto en gran parte de Hispanoamérica, Estados Unidos, Alemania, Italia, Francia y España.

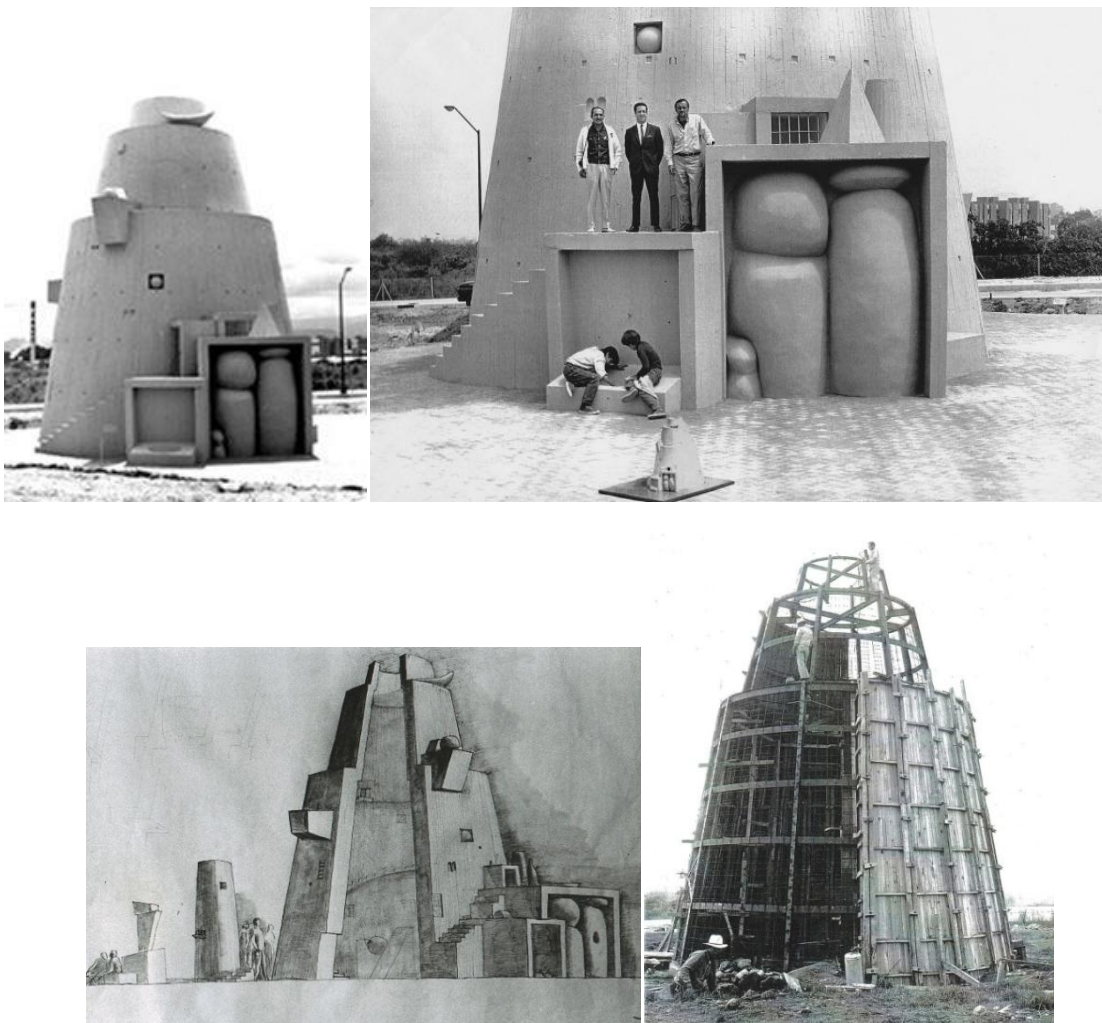


Figura IV.90 a 91. Gonzalo Fonseca *Torre de los Vientos* 1968. Fotografías del boceto y realización.



Figura IV.92 Gonzalo Fonseca *Torre de los Vientos* 1968. Fotografía del estado actual, hoy en día se utiliza como centro cultural muy activo.

A Gonzalo Fonseca se le encarga una de las estaciones de escultura de la Ruta de la Amistad en México como conmemoración de los *Juegos Olímpicos del 6.*, Fonseca propone una pieza en hormigón estructural a modo de construcción precolombina fiel al estilo de su obra. La escultura posee un habitáculo interior con luz cenital, que en la actualidad está siendo utilizada como centro cultural.

Fuentes del Olmo, Miguel (1940-

Fuentes del Olmo nace en Andújar, Jaén en 1940, estudia Bellas Artes en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid. Se forma en el arte sacro con el dominico Padre Aguilar, en los años setenta regresa a Andalucía concretamente a Sevilla para realizar encargos escultóricos, posteriormente vuelve a Madrid para colaborar con el escultor José Luis Alonso Coomonte.

Por demanda de encargos vuelve a Andalucía, se especializa en la realización de relieves de hormigón. Lleva a cabo la realización de cientos de metros de bajorrelieves, tanto para edificios religiosos como para entidades públicas como privadas. Al mismo tiempo realiza esculturas en volumen, con otro tipo de materiales, en talla de madera, bronce o poliéster.

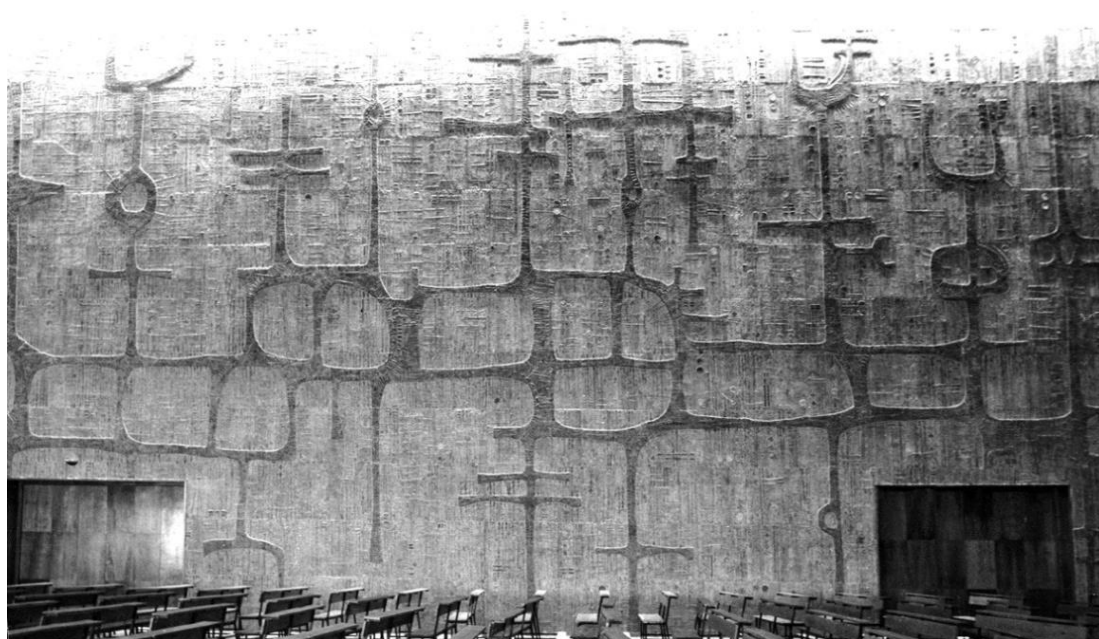


Figura IV.93. Fuentes del Olmo *Mural en la Iglesia de los Salesianos, 1973.*

En 1985 se doctora con su tesis sobre *La materia: su influencia en la escultura contemporánea*, siendo desde ese año profesor titular en Bellas Artes en la Universidad de Granada y consiguiendo en 1992 la cátedra de modelado de la Universidad de Sevilla.

Ingresa en el año 2000 en la *Real Academia de Bellas Artes Santa Isabel de Hungría* y en el 2006 en la *Real Academia de Bellas Artes de Nuestra Señora de las Angustias de Granada*.

En el 2010 se le concede la medalla de Oro a las Bellas Artes de la Junta de Andalucía.

A lo largo de su vida ha viajado intensamente por Europa, Asia, América y África, analizando y estudiando las culturas tradicionales de cada país y las tendencias actuales de cada una de ellas.

Miguel Fuentes del Olmo es uno de los escultores españoles que más superficie escultórica en bajorrelieve ha realizado en hormigón. La calidad de sus esculturas es abrumadora. Ha dominado las distintas técnicas del bajorrelieve en hormigón y ha investigado en ellas con resultados muy satisfactorios, tiene una tesina depositada en la Facultad de Bellas Artes de Madrid sobre el tema en la que desarrolla sus avatares en la realización de las mismas sumamente interesante.



Figura IV.94 Fuentes del Olmo, *mural en el Hotel Don Miguel*, 1973. Detalle

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

García Donaire, Joaquín (1926-2004)

Joaquín García Donaire²⁵ nace en Ciudad Real, comienza su aprendizaje artístico en la Escuela de Artes y Oficios de Ciudad Real, donde le enseña su tío, Felipe García Coronado.

En 1942 se le concede una beca a través de la Diputación para poder cursar los estudios en La Real Academia de San Fernando de Madrid, donde establece amistad con Eduardo Capa, Blanca Mac Mahón y Ricardo Macarrón entre otros y recibe clases de Enrique Pérez Comendador.

En 1952 viaja a París becado por el gobierno Francés, y en 1955 el Ministerio de Exteriores le concede el “Gran premio de Roma” residiendo cuatro años en Roma en la Academia Española de Roma.

Posteriormente es becado para estudiar Imaginería en La Real Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría en Sevilla, donde consigue la plaza de profesor y comienza su labor académica.

En 1964 consigue la cátedra en Sevilla posteriormente en 1970 se traslada a Madrid como profesor en la Escuela de Artes y Oficios y en 1976 es Catedrático de escultura en la Facultad de Bellas Artes de Madrid.



Figura IV.95. Joaquín García Donaire, *Figura sentada*, 1965.

²⁵ Para más información acerca del artista véase GARCIA Donaire, Joaquín, (2004). *Joaquín García Donaire*. [en línea] Madrid: TALLER PRADO, [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.garciadonaire.com/>>

En 1984 recibe el título de doctor en Bellas Artes por la Universidad Complutense de Madrid, en 1986 ingresa como Académico de número en La Real Academia de San Fernando de Madrid.

Realiza más de un centenar de exposiciones y recibe gran cantidad de premios provinciales, nacionales e internacionales.

Su obra es fundamentalmente antropomórfica, destacando en sus comienzos la gran influencia de Pérez Comendador. Con los años va sintetizando las figuras, amputando sus extremidades, primando torsos, figuras femeninas sentadas y ecuestres. En paralelo realiza esculturas monumentales tanto laicas como sacras.

La mayoría de las piezas están realizadas en bronce o en piedra y dentro de su gran cantidad de obras realiza dos vaciadas en hormigón.

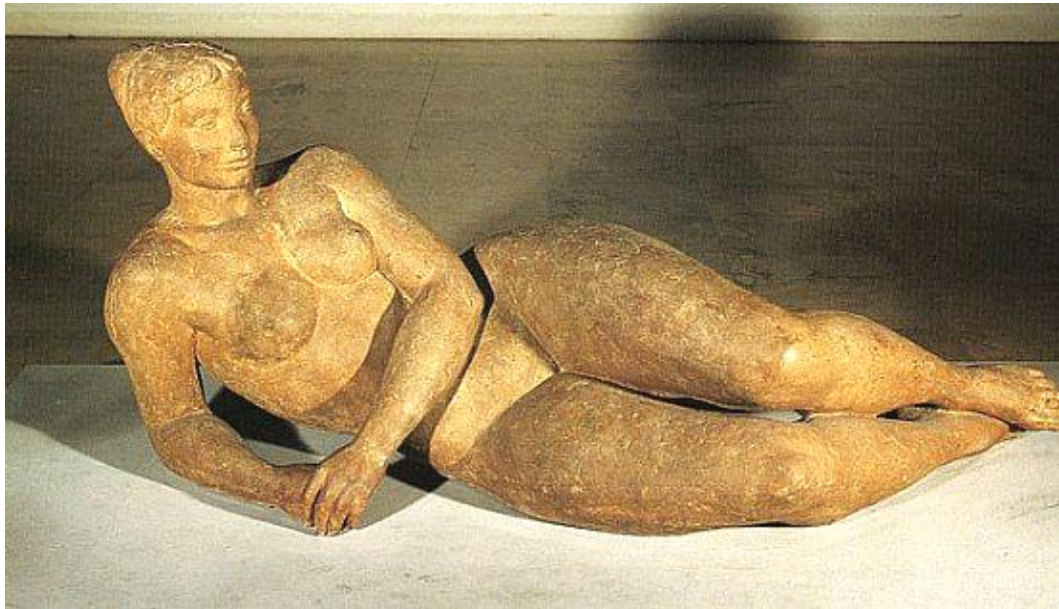


Figura IV.96. Joaquín García Donaire, *Mujer Romana*. 1957.

Goeritz, Mathias (1915-1990)

Mathias Goeritz, nace dentro del antiguo Imperio Alemán en lo que hoy día es la ciudad de Gdansk, formando parte de Polonia. Se le considera escultor mexicano de origen alemán. Estudia Bellas Artes en la Escuela de Artes y Oficios de Berlín, y posteriormente se doctora en Filosofía y en Historia del Arte.

En 1941 vivió en Marruecos y en 1945 se traslada a España permaneciendo en Granada hasta que en 1948 se establece en Santillana del Mar, donde funda junto con su amigo Ángel Ferrant *La Escuela de Altamira*, cuyo lema es “Todos los Hombres, por fin hermanos, se convierten en artistas” .

Desde allí se le requiere para formar parte del profesorado de la recién inaugurada Escuela de Arquitectura de la Universidad de Guadalajara, donde se muda y se establece en México, años más tarde se traslada a México capital.²⁶

Gran parte de su obra monumental ha sido realizada en hormigón y muchas de las piezas fueron de gran envergadura.



Figura IV.97 y 98. Mathias Goeritz. *Torres Satélite*. 1958.

Las Torres Satélite fueron realizadas telescópicamente mediante encofrados de madera que fueron elevándose según se iba endureciendo la capa hormigonada, y posteriormente pintadas.

²⁶Para más información acerca del artista véase VVAA. (2004). *Mathias Goeritz*. [en línea]. Jalisco: MCJV, Museo Claudio Jiménez Vizcarra. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.museocjv.com/mathiasgoeritz.htm>>



Figura IV.99 y 100. A Mathias Goeritz, *Animal de Pederal*, 1951.

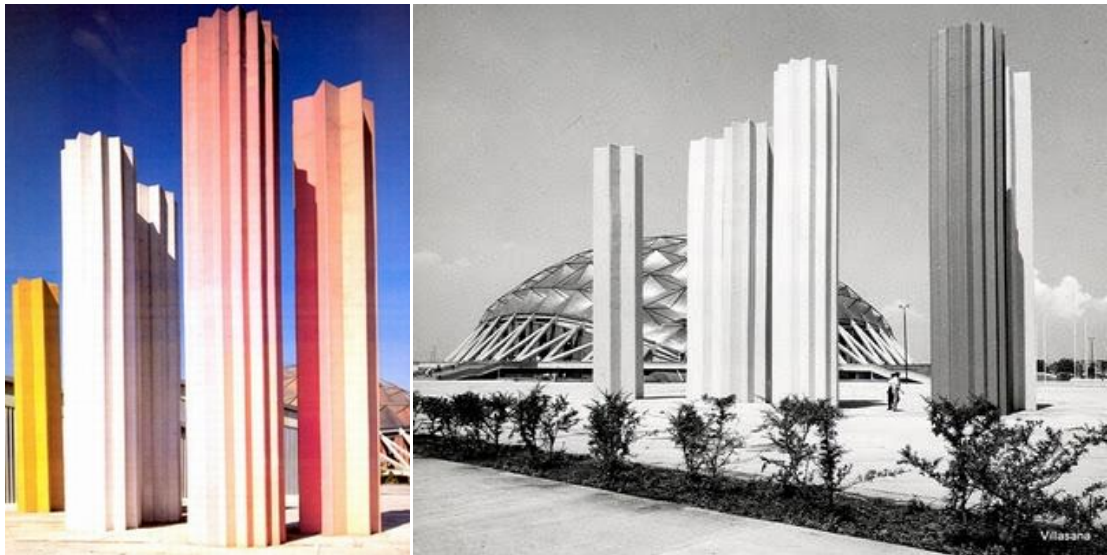


Figura IV.101 y 102. Mathias Goeritz, *Osa Mayor*, 1968.

Mathias Goeritz coordinó junto con el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez, el complejo escultórico de la *Ruta de la amistad* donde se realizaron veintidós esculturas de distintos autores a lo largo de un vial de circunvalación de la Ciudad de México. De los veintidós escultores convocados, diecinueve fueron internacionales y tres mexicanos, gran parte de las obras fueron realizadas en hormigón y vienen reflejadas en este trabajo de investigación.

Para este complejo Mathias Goeritz realizó esta instalación de prismas de hormigón pigmentado con sección estrellada y una disposición de los prismas idéntica a la colocación de la Osa Mayor. Se ubicaron junto al Palacio de los Deportes de la Ciudad de México.

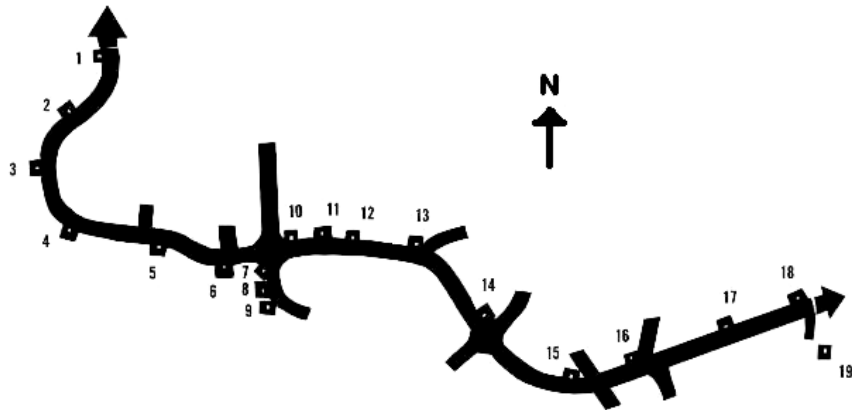


Figura IV.103. Plano de la “Ruta de la Amistad” donde se localizaban las 19 estaciones; en la actualidad se han trasladado gran parte de ellas por cambio de viales.

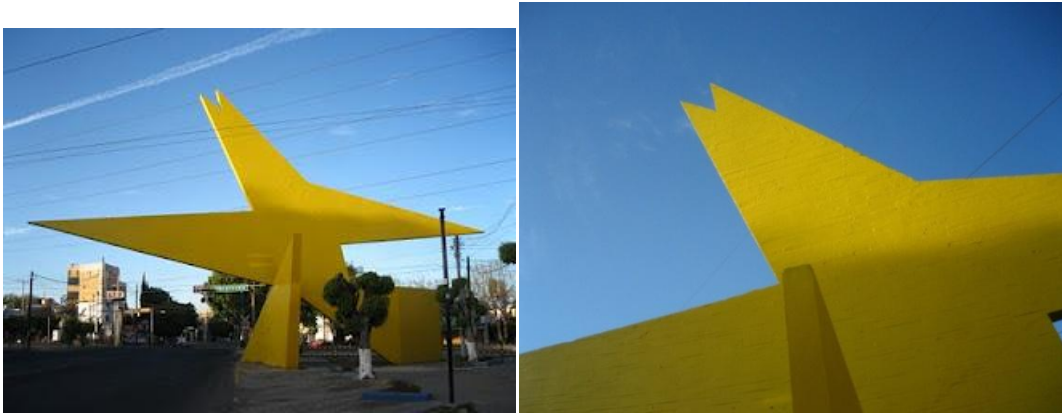


Figura IV.104 y 105. Mathias Goeritz, *Pájaro amarillo*, 1957



Figura IV.106 y 107. Mathias Goeritz, *Piramide de Mixcoac*, 1970.



Figura IV.108 y 109. Complejo escultórico de varios artistas Insurgentes 3000 en el centro cultural universitario dentro de la Ciudad universitaria de la Ciudad de México realizado en 1977.



Figura IV.110 y 111. Detalles del complejo escultórico, "Espacio Escultórico" una obra colectiva creada en 1978 por los escultores Helen Escobedo, Manuel Felguérez, Matías Goeritz, Hersúa, Sebastián y Federico Silva.

El grupo de intelectuales que participaron generaron un manifiesto relacionado con el grupo escultórico referente al trabajo en conjunto:

"Quienes participamos en el proyecto universitario del Espacio Escultórico hemos intentado poner en práctica principios olvidados por cientos de años: buscar hacer del arte un gran acontecimiento para todos y para siempre, superando, al menos en esta experiencia, el voluntarismo individualista y caduco.

*Si a los artistas que formamos este equipo de trabajo no le sobrevive alguna de sus obras, el Espacio Escultórico, por todo lo que tiene de oculto y anónimo, habrá de perdurar como el intento colectivo de arte público de los últimos años."*²⁷

²⁷ Textos tomados de CHÁVEZ CERVANTES, Armando, (2010), *La casa de la Mirada*. [en línea] México: Mexicanismo. [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.mexicanisimo.com.mx/anteriores/no3/casa.html>>

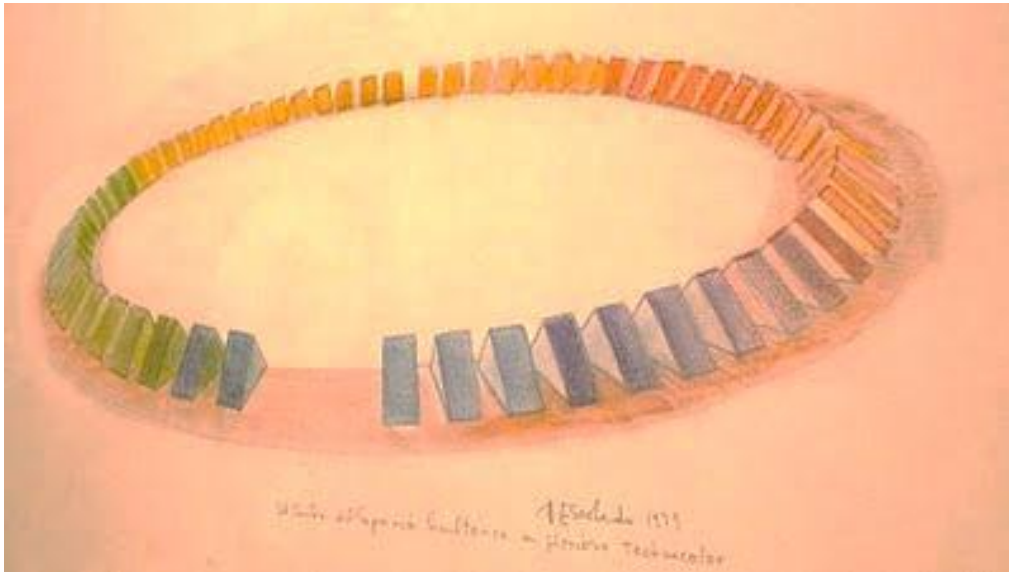


Figura IV.112. Dibujo realizado por Helen Escobedo, para la realización del “Espacio escultórico”.

El complejo escultórico y paisajístico “Espacio Escultórico” consta de 64 piezas dispuestas entre sí a la misma distancia, con un diámetro de 120 metros.

González Gortazar, Fernando (1942-

Fernando González Gortazar Nace en la Ciudad de México pero a los cuatro años se traslada a la ciudad de Guadalajara donde obtiene la licenciatura en Arquitectura en 1966. En 1989 gana el Gran Premio *Henry Moore del Hokone Open Air Museum* de Japón.

En la actualidad es profesor en el *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente* (ITESO) impartiendo la asignatura de Educación Visual.²⁸

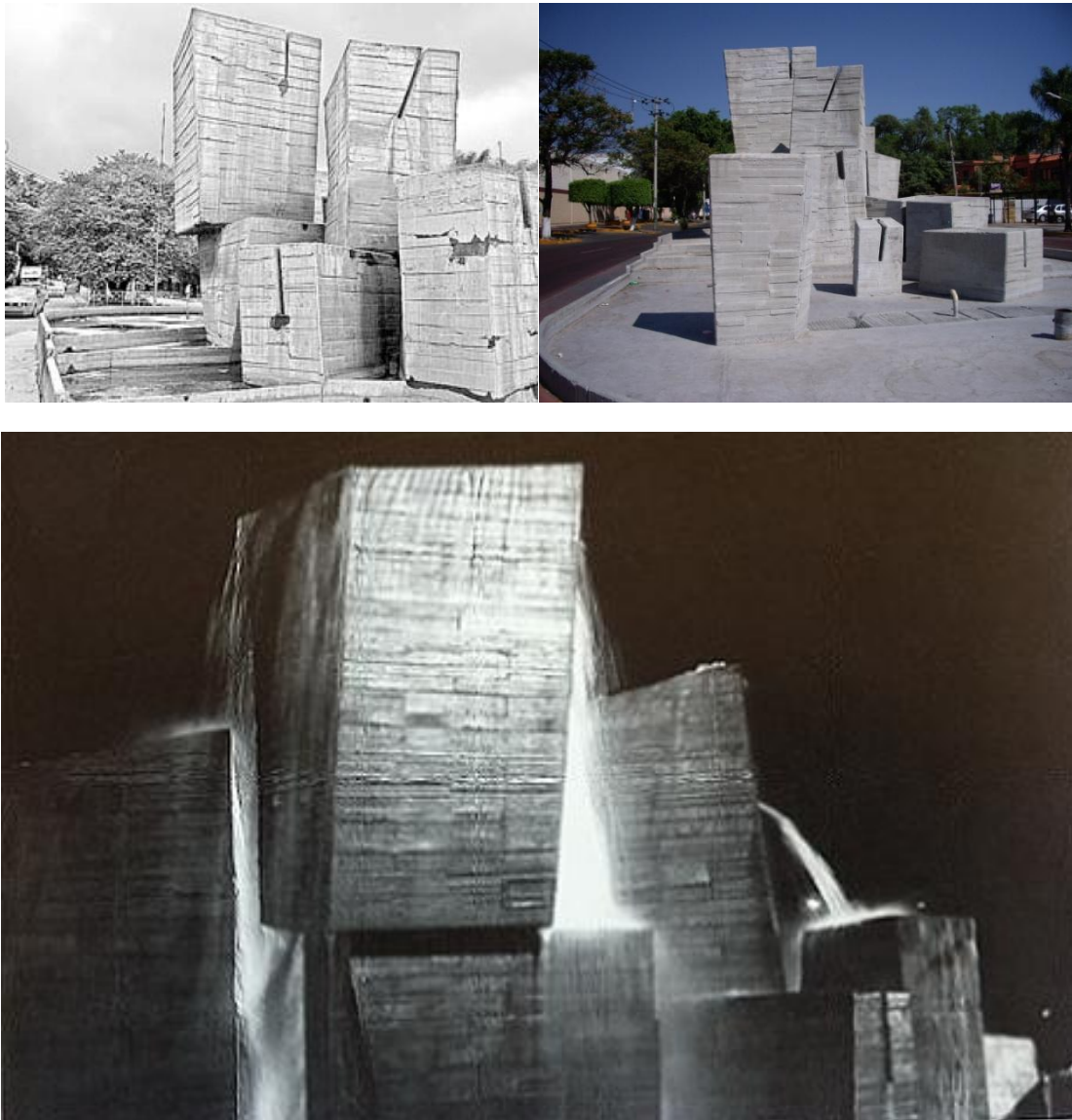


Figura IV.113 a 115. Fernando González Gortazar, *Fuente de la hermana agua*, 1970. Detalles

²⁸ Para más información acerca del artista véase VVAA. (2010). *Latin American Art. González Gortazar Fernando*. [en línea] Dallas: Latín American Art [Fecha de consulta 20/05/2014]. < <http://www.latinamericanart.com/> >



Figura IV.116 Fernando González Gortazar, *Fuente*, 1976.



Figura IV.117 y 118. Fernando González Gortazar, *La gran puerta*. 1969, recientemente rehabilitada.

"Una de las virtudes del arte abstracto es que cada quien puede ver lo que quiera ver. Algunos han visto una J y una A, no lo es, pero me encanta que lo vean así, porque ven el espíritu del fraccionamiento".²⁹

Fernando González Gortazar, autor de *La gran puerta*.

²⁹ Texto tomado del diario VVAA, (2008), *La gran Puerta de nuevo está abierta*. [en línea] Guadalajara: El Informador. [Fecha de consulta 20/05/2014].

<<http://www.informador.com.mx/entretenimiento/2008/39133/6/la-gran-puerta-de-nuevo-esta-abierta.htm>>



Figura IV.119. Fernando González Gortazar, *Parque González Gallo* 1972. El brazo horizontal debe estar hueco para minimizar el momento de giro en el apoyo, para contrarrestarlo se puede haber realizado macizo el brazo que sube inclinado.

El autor de *Parque González Gallo* (en la Figura IV.119) expresa:

"La Arquitectura es una maravilla como objeto de creación artística, como objeto de reflexión intelectual, como medio de vinculación del autor con una sociedad a la que sirve".³⁰



Figura IV.120 y 121. Fernando González Gortazar, *Fuente de las escaleras*, 1987.

³⁰Texto tomado del reportaje realizado al escultor en VVAA. (2010). *Fernando González Gortazar*. . [en línea] México: EL UNIVERSAL. [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://fotografias.eluniversal.com.mx/>>

Gurria, Ángela (1929-

Ángela Gurria nació en la ciudad de México en 1929, estudió Filosofía y Letras en la Universidad Nacional de México y posteriormente aprendió escultura de forma autodidáctica a partir de 1949, asistiendo a talleres de escultores. Su escultura es abstracta y antropomórfica. Ha realizado gran cantidad de monumentos en México, ha recibido el Premio del Instituto de Arte Mexicano y la Medalla de Oro de la Academia de Arte del Lavoro de Italia. Gurria es la primera mujer en ser miembro de la Academia de Arte Mexicana. Ángela Gurria fue una de las escultoras elegidas para realizar una de las estaciones del conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* en la Ciudad de México, para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 en México.



Figura IV.122 a 124. Ángela Gurria, *Primera estación de la Ruta de la Amistad* 1968,

En la actualidad la escultura tiene difícil acceso y escasa visibilidad, dado que se encuentra entre un nudo de viaductos que imposibilitan su visión. El gunitado sería la mejor forma de realizarla en la actualidad, a partir de una estructura metálica que genere el volumen y una tela metálica o geotextil para que sustente, y proyectar sobre el mismo hasta conseguir el espesor adecuado. Posteriormente fratar para alcanzar la textura exterior requerida.

Para que los planos queden tersos se colocan piezas maestras en los vértices bien de madera, bien de metal y sobre ellos se hace pasar una regla sobre el mortero recién proyectado. Si se añaden aditivos tixotrópicos será más fácil que la pasta quede firme al paso de las reglas.

Gutmann, Willi (1927-2013)

Gutmann nace en Dielsdorf localidad Suiza en 1927, estudia y ejerce de arquitecto hasta los años sesenta, que se dedica a la escultura.

La escultura de Gutmann se caracteriza por abstracciones en las que el escultor realiza distintos cortes y desplazamientos de partes de la pieza cortada, generalmente sobre un eje y realizadas en metal.³¹

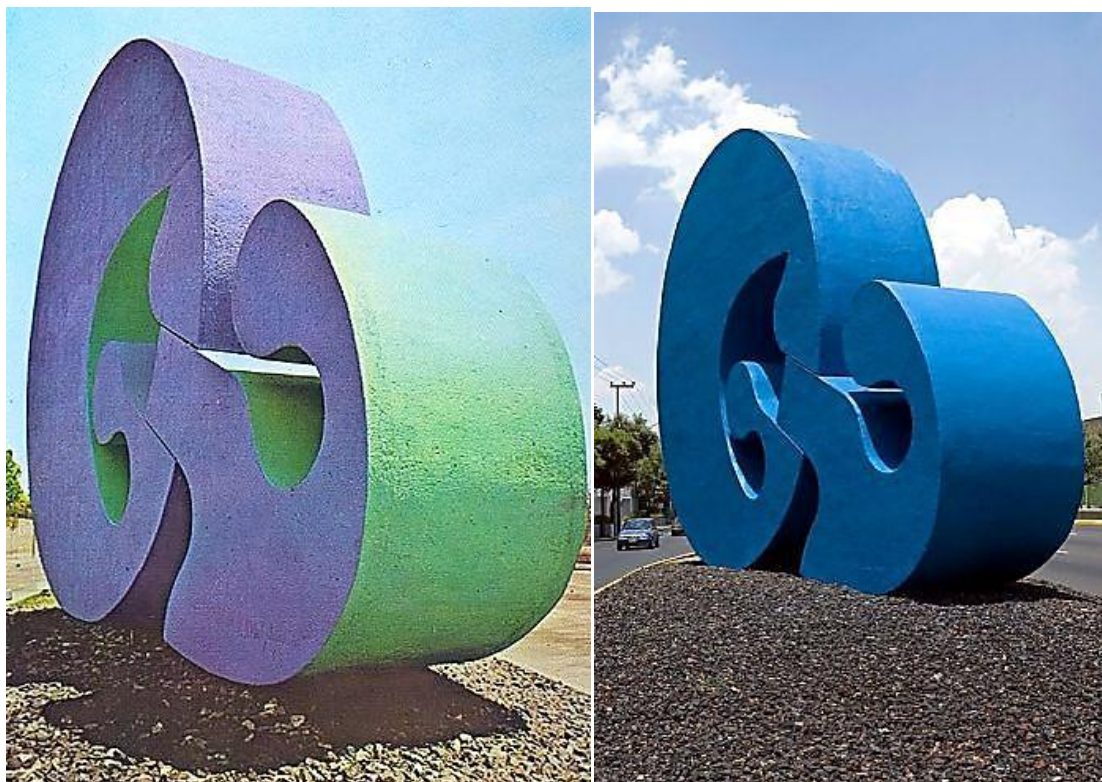


Figura IV.125 y 126. Gutmann, *El Ancla*.1968.

Gutmann es uno de los escultores llamados a realizar una estación dentro del complejo escultórico de la *Ruta de la amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 celebrados en México. Para esta ocasión Gutmann crea *El Ancla*, en hormigón armado pintado, realizada en 1968.

Las partes de la pieza que originalmente habían sido seccionadas del interior, estaban pintadas en dorado, pero tras su reciente restauración y reubicación ha sido pintada en su totalidad de color azul.

³¹Para ampliar información sobre el artista véase GUTMANN, Willi, (2013), *Biografía*. [en línea] Suiza: Willi Gutman. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.willigutmann.ch/>>



Figura IV.127. Gutmann, *El Ancla* .1968. Por la construcción de un paso elevado en la ruta a de la amistad se han tenido que reubicar varias esculturas, entre ellas Figura IV.128. Gutmann, *El Ancla* .1968. Detalle de la pieza ya restaurada y reubicada

Una forma más práctica de realizar una escultura así en la actualidad, sería mediante la técnica del gunitado, realizándolo sobre una estructura metálica realizada por perfiles estructurales de acero soldado generando los planos con mallazo y posteriormente colocado una manta geotextil indicada para poder ser gunitada evitando que el material proyectado se cuele en el interior de la pieza. Posteriormente ese hormigón aún fresco se debería tersar sus paramentos mediante reglas para dar la textura de terminación y ser pintado después del fraguado, endurecido y secado.³²

³²Para ver la realización del traslado existen videos del mismo VVAA, (2011), *Reubicación de El Ancla de Willi Gutmann de la Ruta de la Amistad*. [en línea]. México: Paisaje social. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.youtube.com/watch?v=pMoz80iS6Ho>>
><http://www.youtube.com/watch?v=DSr7BG_3ab0&feature=relmfu>

Hadany, Israel (1941-

Nace en Israel en 1941 estudia pintura en el *Instituto Avni* en Tel Aviv, posteriormente ingresa y se gradúa en 1967 en el *Hornse College of Art* de Londres. En 1971 comienza su labor docente en la *Academia de Bellas Artes* de Jerusalén de donde es profesor de escultura y diseño.

Ha representado en numerosas ocasiones a Israel tanto en Bienales como en Simposios internacionales y realizado gran cantidad de exposiciones tanto en Israel como en Estados lugares donde se encuentra la mayoría de su obra. Hadany es un escultor totalmente ecléctico tanto en el uso de los materiales como en las formas esculturales que realiza, abarca desde esculturas realizadas por planos truncados, como figurativas o en masa con planos poliédricos. Dentro de su gran cantidad de obra tiene piezas realizadas en hormigón.³³



Figura IV. 129 y 130. Hadany *Escultura Urbana*, 1984.

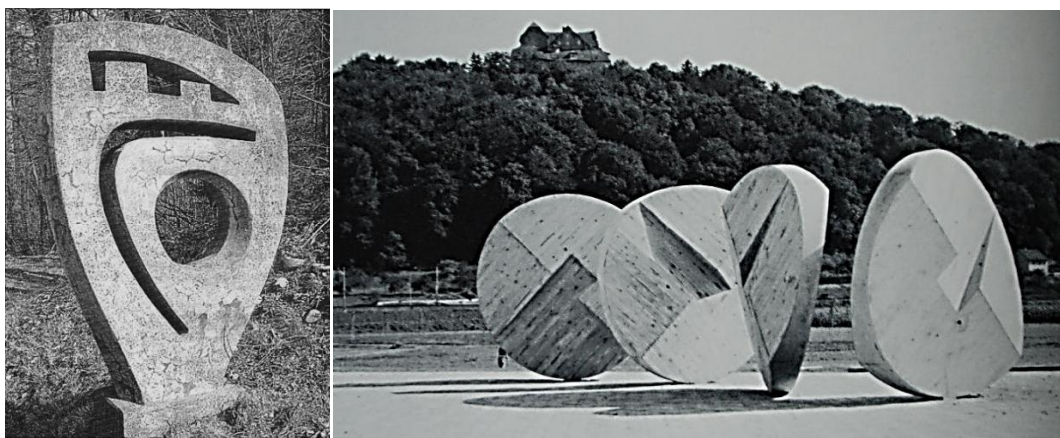


Figura IV.131. Hadany, *Escultura en Hormigón* 1967.

³³ Para ampliar información sobre el artista véase HADANY, Israel. (2011). *web site*. [en línea]. Israel: Hadany. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.israelhadany.com/>>

Halchler, Peter (1922-1999)

Peter Halchler, nacido en 1922 en Lenzburg, Suiza, estudió arquitectura en 1945 y posteriormente ingresó y se graduó en la Escuela de Bellas Artes de Ginebra en 1949 con la especialidad de Escultura. Una vez terminados sus estudios se traslada a París donde reside y trabaja hasta 1958, año en el que regresa a su ciudad natal. Halchler trabaja fundamentalmente en acero realizando abstracciones geométricas pero aisladamente realiza piezas en hormigón armado.³⁴



Figuras IV. 132 y 133. Peter Halchler, *Hito*, 1957, Peter Halchler, *Roues de Béton* 1970.

Actualmente la forma más sencilla de obtener una forma como la escultura “Hito” en hormigón sería realizar en un bloque paralelepípedo de poliestireno expandido que inscribiese la figura, cortar con hilo de níquel la silueta de la figura, meterlo en un cofre de madera de tal manera que la presión de empuje de la lechada no rompa el molde de poliestireno expandido y hormigonar en plano, siendo boca de entrada una de las dos caras más vistas de la pieza repasar con una regla hasta conseguir la textura del plano deseada y posteriormente desencofrar.

Para la escultura “Roues de Béton” Halchler utilizó un encofrado de madera con nudos quedando registrados en la superficie de la pieza como se puede observar en la imagen superior, de ese mismo encofrado consiguió las cuatro piezas del conjunto, a cada una de ellas le colocó el anclaje en un lugar diferente de tal manera que al instalarlos genera movimiento al ver los distintos ángulos de rotación.

³⁴Para ampliar información acerca del artista véase VVAA, (2013), *Kunstbreite, Peter Haechler*. [en línea]. Suiza: kunstbreite [Fecha de consulta 20/05/2014].
<http://www.kunstbreite.ch/Kuenstlerwerdegaenge_aargau_haechler_peter.htm>

Herbert Hajek, Otto (1921-2005)

Otto Herbert Hajek de nacionalidad alemana, nace en 1921 en Kaltenbach, Checoslovaquia. Estudió Bellas Artes en Stuttgart graduándose en 1954, y desde 1980 es Catedrático de Escultura en la Escuela Estatal de Bellas Artes de Karlsruhe.

Hajek ha realizado gran cantidad de obra escultórica en Alemania, especialmente en el ámbito estatal destacando las piezas para distintas universidades alemanas. En su obra en hormigón realiza abstracciones geométricas pintadas de colores planos y luminosos, salvo el relieve realizado para la universidad de Friburgo en 1957 siendo esta una abstracción más horgánica.



Figura IV.134 y 135. Herbert Hajek ,*Alivio espacial de Hormigón*, 1957.

Para el relieve de la Universidad de Friburgo, su realización más lógica es en técnica de negativo por tramos, colocando algunos tramos en perpendicular para generar más volumen.



Figura IV.136. Herbert Hajek, *Tráfico* 1970.



Figura IV. 137. Herbert Hajek, *Adelaide Festival Centre Trust*, 1973.

El complejo de Adelaide, está realizado en hormigón pintado y visto. En el solado deja paños en china lavada vista³⁵. Los paramentos verticales tienen la textura plana del encofrado metálico, pintado en algunas zonas y visto en otras.



Figura IV. 138. Herbert Hajek, *Schwelm Kreishaus*, 1969.

³⁵El tratamiento de china lavada viene explicado en el Capítulo II dentro de tratamientos superficiales.



Figura IV. 139. Herbert Hajek ,*Intervención junto con el arquitecto Walter Schremppf, para la cantina de estudiantes*1965.



Figura IV.140 a 142.Herbert Hajek, *Conjunto escultórico para la universidad de Saarland* 1965-1970.

Holt, Nancy (1938-

Nancy Holt nace en Massachusetts, Estados Unidos, en 1938, estudia en la Universidad de *Tufts*, Massachusetts.

Esta artista norteamericana incluida dentro del movimiento *Land Art* ³⁶, comenzó su labor artística con fotografía y vídeo, posteriormente realizó instalaciones e intervenciones a campo abierto, trabajos que la han consagrado en el mundo del arte actual.

Algunas de estas intervenciones son realizadas con piezas de hormigón, algunas de ellas a base de prefabricados de gran tamaño.



Figura IV.143 Nancy Holt. *SunTunnels* 1976.



Figura IV.144 y 145 Nancy Holt. Detalles de la obra, *SunTunnels* 1976.

La obra *Sun Tunnels* consta de cuatro piezas de hormigón armado prefabricado dispuestas en pareja, alineadas en el solsticio de verano e invierno, los tubos a su vez han sido perforados de tal manera que cuando atraviesan por ellos la luz proyectan las distintas constelaciones. Esta obra es muy frecuentada especialmente en los ortos de los solsticios.

³⁶Corriente artística surgida en los años 60 que utiliza espacios y materiales naturales para su realización.



Figura IV. 146. *Nancy Holt, star-crossed* 1980.

En 1980 realiza esta pieza para el *Art Museum* de Oxford en Ohio, la pieza consta de dos túneles realizados en hormigón armado, enterrados y envueltos en una capa vegetal de césped, junto a ellos una lámina de agua de forma ovalada.

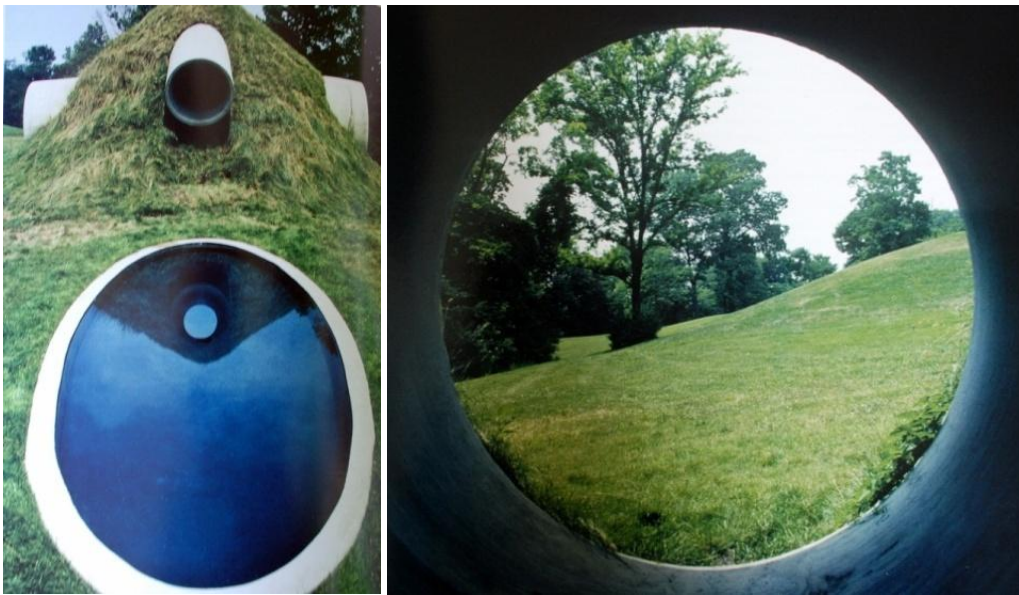


Figura IV.147 y 148. *Nancy Holt, star-crossed* 1980 ,Detalles.

El túnel largo 762 cm de largo y un diámetro de 182 cm está colocado en dirección Este-Oeste. El túnel corto de 548 cm de largo y 91 cm de diámetro, se encuentra inclinado y en dirección norte sur pero su inclinación se orienta con la posición de la estrella polar, de tal manera que colocándonos en el extremo de la lámina de agua podemos ver reflejada en ella a través del túnel estrecho la estrella Polar.



Figura IV.149 a 152. Nancy Holt, *DarkStar Park* 1984.

Holt realiza todas sus obras con una colocación de los objetos minuciosa y con un significado en concreto o intencionalidad que las relaciona entre sí, la obra realizada en Rosslyn todo está colocado con algún objetivo, las vistas dentro de los huecos de las esferas se ven unas a otras al igual que con los túneles, las sombras que proyectan las columnas de acero tocan la esferas en días determinados especiales para la localidad.

Las esferas están realizadas en hormigón gunitado con diámetros de 243 cm a 182 cm, los túneles están realizados en hormigón armado prefabricado con las siguientes dimensiones: túnel largo longitud de 762 cm y un diámetro de 304 cm y el corto con 457 cm de longitud y un diámetro de 91 cm.

Donald Judd (1928-1994)

Donald Judd nace en Missouri, Estados Unidos en 1928, en 1948 ingresa en la Escuela *William and Mary*, en Williamsburg, Virginia para estudiar Filosofía y se traslada a la Universidad de Columbia donde a la vez asiste a las clases nocturnas en la *Art Students League* of NY. En 1940 comienza a trabajar como pintor y a partir de los años sesenta destaca más su obra escultórica y sus instalaciones.

Judd trabaja con plexiglás, acero, contrachapado, aluminio y hormigón, se le cataloga como artista minimalista aunque él rechazó esa definición de su obra.³⁷



Figura IV.153. Donald Judd, *Sin título* 1977.

Dentro de las obras de Judd en la técnica de hormigón se pueden destacar las piezas realizadas para Münster en Alemania en 1977, mediante el encofrado y vertido de hormigón realizando una formación de círculos a distintas alturas. También el conjunto escultórico desarrollado en la finca que adquirió al ejército norteamericano en Texas en 1980, realizada a base de bloques prefabricados de hormigón.



Figura IV.154. Donald Judd, *Sin título* 1980.

³⁷Esta información puede ser contrastada en la web del artista VVAA, (2009). *Donald Judd Foundation*. [en línea]. Nueva York: juddfoundation.org [Fecha de consulta 05/05/2014].
<<http://www.juddfoundation.org/conservation-references>>

Karavan, Danny (1920-

Danny Karavan³⁸ nació en Tel Aviv en 1920. A los catorce años comienza sus estudios de pintura, en 1956 viaja a París y a Florencia para profundizar en sus estudios artísticos.

En los años sesenta comienza a realizar esculturas y monumentos, representando a Israel en la *Bienal de Venecia* de 1976.

Karavan desarrolla grupos esculturales integrados en el paisaje, sus intervenciones son de gran tamaño incluso kilométricas y el hormigón es uno de los materiales que mayoritariamente utiliza.

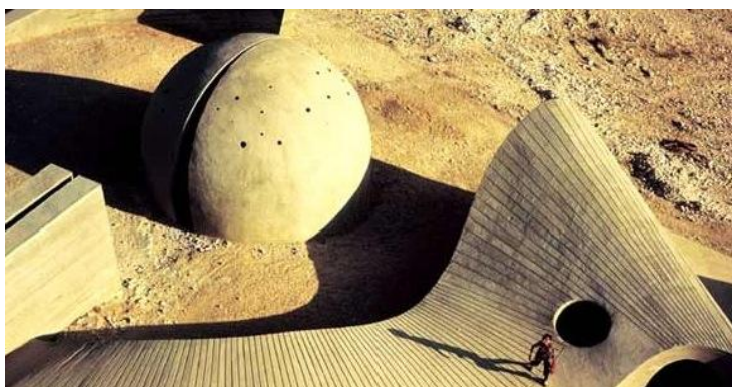


Figura IV.155 Danny Karavan, *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev*, 1965.

El *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev* está realizado en hormigón armado con encofrados de madera en tablones con un cemento y árido normal sin pigmentaciones. La instalación abarca una un área de 10.000m². Las piezas que integran el complejo están situadas en una colina, continuamente le esté incidiendo el sol a lo largo del día, por lo que Karavan juega continuamente con la luz incidiendo en las formas básicas que el realiza en grandes volúmenes.

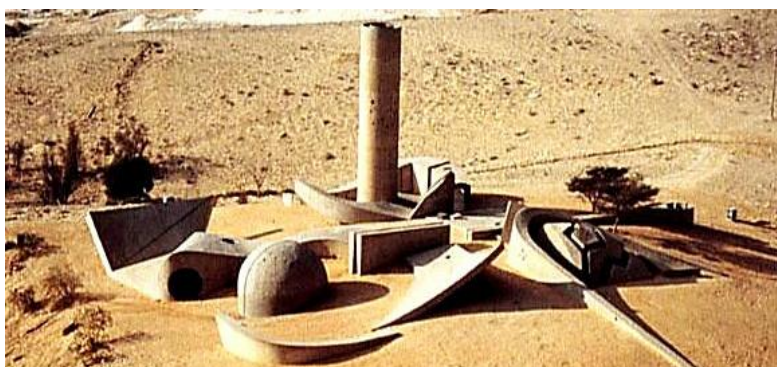


Figura IV.156. Danny Karavan, *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev*, 1965. Vista general.

³⁸Para más información acerca del artista véase KARAVAN, Danny , (2013), *Danny Karavan*, .[en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.danikaravan.com/main_new.htm>



Figura IV.157 y 158. Danny Karavan, *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev*, 1965. Detalles del grupo escultórico



Figura IV.159 y 160. Danny Karavan, *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev*, 1965. Detalles del Grupo escultórico

Las piezas de mayor tamaño se pueden realizar por gunitado, aunque en la época de realización no se utilizaba esta técnica asiduamente.

Para construir los casquetes semiesféricos y que queden con superficies tersas, mediante reglas curvas de madera o metal que vayan perfilando o generando la superficie de revolución sobre la estructura, o realizando un encofrado mediante fibra de vidrio fuertemente armada con metal.



Figura IV.161 a 163. Danny Karavan, *Kikar Levana* 1977, vistas generales del monumento

Karavan utiliza frecuentemente planos horizontales en contraposición con verticales en forma de torre, realizadas mediante sillares de gran tamaño colocados a hueso. También incorpora volúmenes con formas básicas como semiesferas, pirámides, paralelepípedos y planos inclinados escalonados, siempre jugando con el movimiento de las sombras creadas por estos volúmenes. En sus últimas intervenciones es común el uso de hormigón blanco, en contraste con láminas de césped o vegetación.

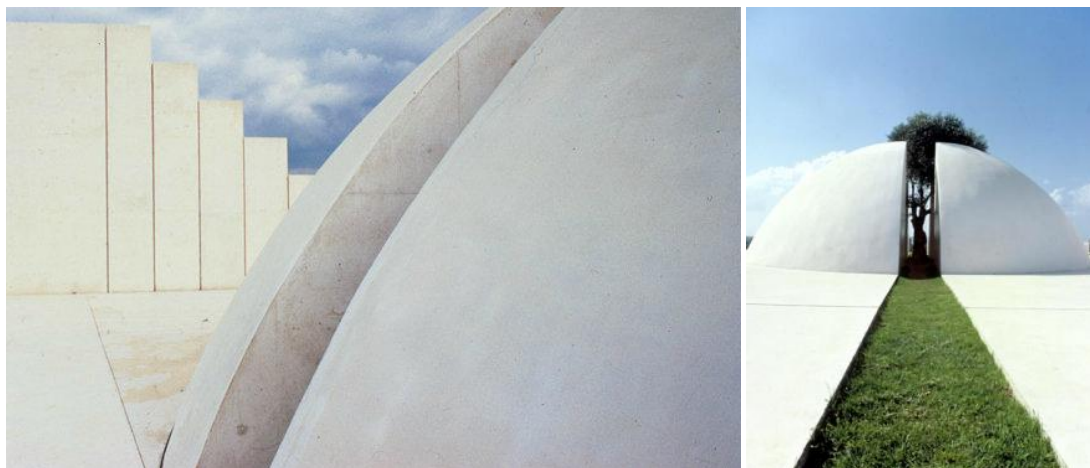


Figura IV.164 y 165. Detalles del conjunto escultórico generales del monumento *Kikar Levana*, 1977.

Koch, Ödön (1906-1977)

Ödön Koch nace en Zürich, Suiza en 1906. Es un artista autodidacta, formándose en el arte visitando museos en Europa y gracias al contacto con otros artistas o intelectuales como Henry Moore o el editor Marcel Joray.³⁹

La obra de escultórica de Koch fundamentalmente esta realizada en piedra pero tiene algunos relieves de gran porte en hormigón.



Figura IV.166.Ödön Koch, Relieve *Promulgación y el Mundo* 1965.

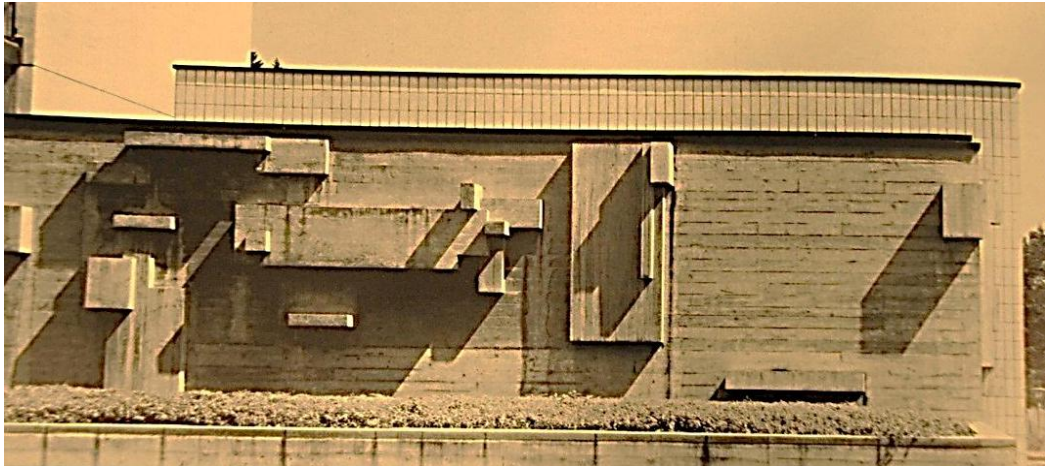


Figura IV.167. Ödön Koch, *Relieves* 1959.

En las figuras IV 166 y 167 Ambos relieves están realizados in situ mediante un encofrado de listones, tablones y tableros de madera, con un hormigón armado estructural para el sustento de muros.

³⁹Marcel Joray es un escritor y editor suizo de libros de arte, entre ellos MARCEL Joray, (1977). *Le Beton dans l'art contemporain*. Mounchassel:Griffon .

Kowalski, Grzegorz(1942-

Kowalski se define como escultor, artista performance y creador de instalaciones. Nacido en Polonia en 1942 ingresa en la *Academia de Bellas Artes de Varsovia* en 1959 de donde hoy es profesor de escultura.⁴⁰ A Kowalski le fue encargada una de las estaciones de escultura de la llamada *Ruta de la Amistad* en conmemoración de los Juegos Olímpicos del 68 en México para esta ocasión.



Figura IV.168 a 172.Kowalski,*Sundial* (Reloj del sol) 1968.

El gunitado sería la forma más lógica de realización actual consiguiendo esa tensión y esa continuidad superficial utilizando una maestra desde el eje superior y realizando la superficie de revolución, de esta manera evitaríamos encofrados y reduciríamos tiempos de ejecución.

⁴⁰Para más información acerca del artista véase KOWALSKI, (2013), *Kowalski Art*. [en línea] Cracovia: Kowalski. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.kowalski.art.pl/>>

Lewitt, Sol (1928-2007)

Sol Lewitt nace en Hartford, Connecticut, EEUU en 1928, estudia en 1949 en la Universidad de Siracusa, y gracias a una beca BFA le permite viajar a Europa donde se impregna de las últimas tendencias artísticas del momento.

Se le relaciona con el Minimalismo⁴¹ y se le considera también uno de los pioneros en el arte conceptual⁴², expuso en gran cantidad de países y fue en el MoMA donde se realizó la primera exposición retrospectiva de su obra en 1979.

El denominaba a sus piezas estructuras más que esculturas y eran formas geométricas básicas especialmente cubos que obtenía mediante la construcción a base de bloques de hormigón.



Figura IV. 173 y 174. Sol Lewitt, *Irregular progression*, 2001.

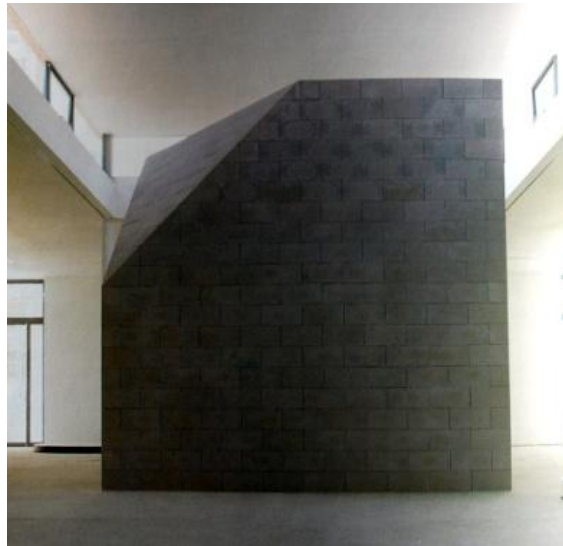


Figura IV.175. Sol Lewitt, *Cube without a corner* 1999.

Lewitt realizaba este tipo de esculturas mediante bloques de hormigón ligados con mortero de cemento de pigmentación semejante a los bloques con un aparejo simple contrapeado dispuestos a soga.

⁴¹Tendencia filosófica que tiende en centrarse en lo importante y eliminar lo superfluo.

⁴²O *IdeaArt*, es aquel Arte que se impone la idea a la realización del mismo.

Mateos, Ángel (1931-

Ángel Mateos nace en Villavieja de Yelves, Salamanca, en 1931, hijo de familia de canteros y constructores toma rápidamente contacto con la técnica del hormigón.

Asiste a clases de oyente en las Academias de Artes en Madrid y en Sevilla no continuando los estudios y dedicándose a la escultura por investigación propia. En los años sesenta comienza a presentarse a premios de escultura siendo en 1966 cuando obtiene el Primer Premio de la Exposición Nacional de Arte Contemporáneo de Madrid. En 1979 obtiene la Beca nacional de investigación de Artes Plásticas del Ministerio de Cultura.

Su obra está centrada en la técnica de la escultura en hormigón en la que destaca su maestría, puntualmente utiliza otras técnicas escultóricas como la piedra o el acero.



Figura IV. 176 y 177. Ángel Mateos, *Inversión VIII*, 1999.

La obra de Ángel Mateos realizada en hormigón, técnicamente es impecable. Los hormigones están realizados con una técnica depuradísima, no se aprecian lechadas ni coqueras; los registros están perfectos.

Ángel Mateos trabaja principalmente en series. En sus primeros trabajos comienza con unas obras figurativas que poco a poco van evolucionando hacia la abstracción. Ya dentro de la abstracción pasa por distintas etapas, con sus últimas esculturas ligadas a las tendencias arquitectónicas de las últimas décadas.

Al final de su vida artística, tras no recibir apoyo alguno de las instituciones, crea su propio museo, el Museo del Hormigón Ángel Mateos, donde el mismo edificio es diseñado por él y que es un claro ejemplo del buen hacer de su obra.⁴³

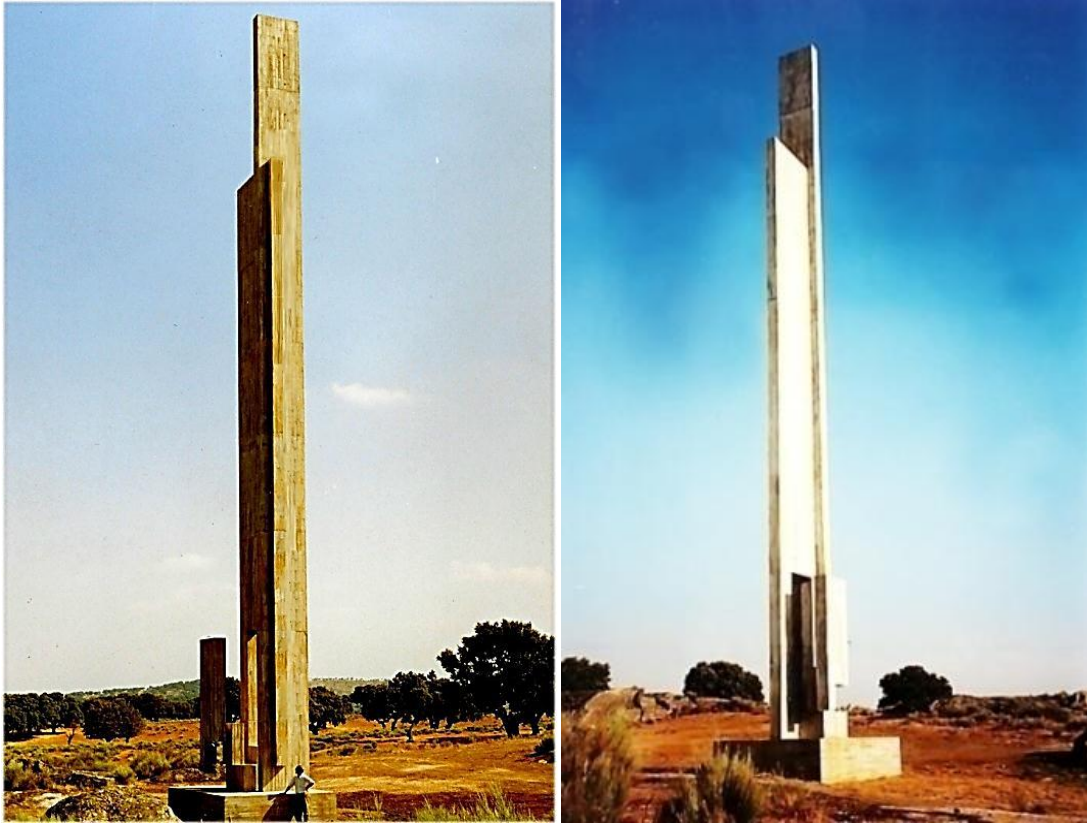


Figura IV.178 y 179. Ángel Mateos *Obelisco*, de 1994, Vista de la escultura donde aparece el autor apreciándose la gran altura que alcanza la obra y la proporción entre persona y la escultura.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

⁴³Para más información acerca del artista véase: ORTEGA COCA M^a Teresa. (1994). *Ángel Mateos, serie de escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid. y Mateos, Ángel. (2005). *Artista*. [en línea]. Salamanca: Museo del Hormigón. [Fecha de consulta 27/02/2015] <
<http://www.museodelhormigon.com/>>

Meadmore, Clement (1929-2005)

Clement Meadmore nació en Melbourne en 1929, estudió Ingeniería Aeronáutica en el *Real Instituto de Tecnología Aeronáutica* de Melbourne, una vez graduado se dedicó a diseñar muebles y en 1953 realizó su primera escultura en acero. Ese mismo año viaja a Francia, Inglaterra y Alemania, y posteriormente en 1959 a Japón.

En 1963 se traslada a Nueva York donde se establece definitivamente. Su obra está expuesta en gran cantidad de museos y universidades de Estados Unidos y Australia primordialmente.⁴⁴

Las esculturas de Meadmore están realizadas en su mayoría en acero y especialmente en acero corten, siendo este escultor uno de los primeros en utilizar este material.

Las obras de Meadmore son muy características, se basan en el retorcimiento de prismas normalmente de sección cuadrada.

Meadmore fue uno de los escultores que participaron en el complejo escultórico de la *Ruta de la Amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México, y para esta ocasión el escultor realizó la escultura denominada Janus realizándose en hormigón armado, posteriormente pintada.

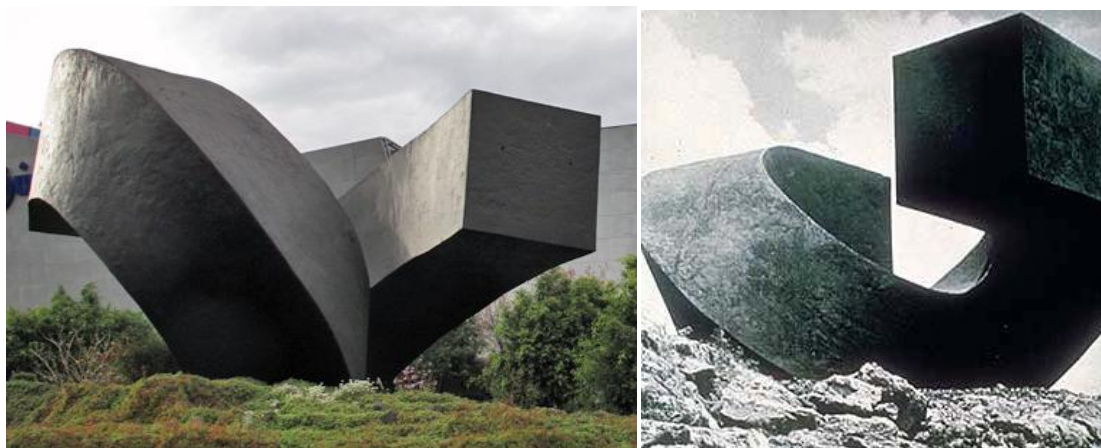


Figura IV.180 y 181. Clement Meadmore, *Janus*, 1968.

⁴⁴Para más información acerca del artista véase MEADMORE, Clemen. (2005). *Biography*. [en línea] EEUU: Clemen Meadmore. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.meadmore.com/>>

Melehi, Mohamed (1936-

Mohamed Melehi, nace en Asilah, Marruecos en 1936, estudia en la *Escuela de Bellas Artes de Tetuán*, graduándose en 1955, posteriormente complementa sus estudios de pintura en Madrid y en Sevilla, en Roma estudia escultura y en París grabado. En 1962 se traslada a Estados Unidos, a la Universidad de Columbia con una beca patrocinada por la *Fundación Rockefeller*. Vuelve a Marruecos donde profundiza en el arte local para aplicarlo en su obra. En 1968 Melehi es el escultor que representa al continente africano en el conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México, donde realizó una escultura en hormigón armado posteriormente pintada, cercándola con una estructura de acero en color rojo.

La pieza de hormigón es una columna sinuosa conformando planos entrelazados de onda senoidal.



Figura IV.182 y 183. Mohamed Melehi, *Charamusca Africana*, 1968.



Figura IV.184 y 185. Mohamed Melehi, *Charamusca Africana*, 1968.

Miodrag, Zivkovic (1928-

Miodrag Zivkovic nació en Serbia en 1928, estudió Artes Plásticas en Belgrado iniciando sus estudios en 1948 y terminándolos en 1952. En 1957 ingresa en el cuerpo docente serbio y es elegido presidente de la asociación de artistas serbios. En 1968 ingresa como profesor de la *Escuela de artes aplicadas* de Belgrado y en 1972 es elegido decano de dicha facultad. Su obra se extiende tanto en la ex Yugoslavia como en Hispanoamérica, destacando los memorándum (*Spomenik*) realizados por orden del ex presidente comunista Josip Broz Tito para potenciar el arraigo de la agrupación de los países que formaban Yugoslavia.



Figura IV.186. Miodrag Zivkovic, *Monumento en honor a los miles de muertos en la Batalla de Sutjeska en 1943*, 1970



Figura IV.187. Miodrag Zivkovic, *Monumento en honor a los miles de muertos en la Batalla de Sutjeska en 1943, por el ejército alemán*. 1970.



Figura IV.188 a 191. Miodrag Zivkovic, *Monumento en honor a los miles de muertos en la Batalla de Sutjeskade 1943, por el ejército alemán.* 1970.

Dada la complejidad de forma, es posible que la manera más lógica de realización fuese el mismo modo en que Chillida hizo el *Elogio al Horizonte*, mediante la realización preliminar de la figura a escala natural en poliestireno expandido o similar. Una vez realizada la pieza, encofradores o ebanistas realizarían la piel de encofrado, se desmontase y se volviese a montar en el lugar definitivo, donde previamente se hubiese realizado una cimentación de apoyo. Por último se realizaría el vertido del hormigón dentro del mismo⁴⁵.

Se aprecia que en el cambio de textura dado por el encofrado, con los planos grandes de la figura donde aparece la textura de los tablonos en hilera mientras que en planos pequeños y medianos la textura está limpia, por lo que se han utilizado tableros o chapas.

⁴⁵ Ver apartado de Eduardo Chillida en este mismo capítulo.

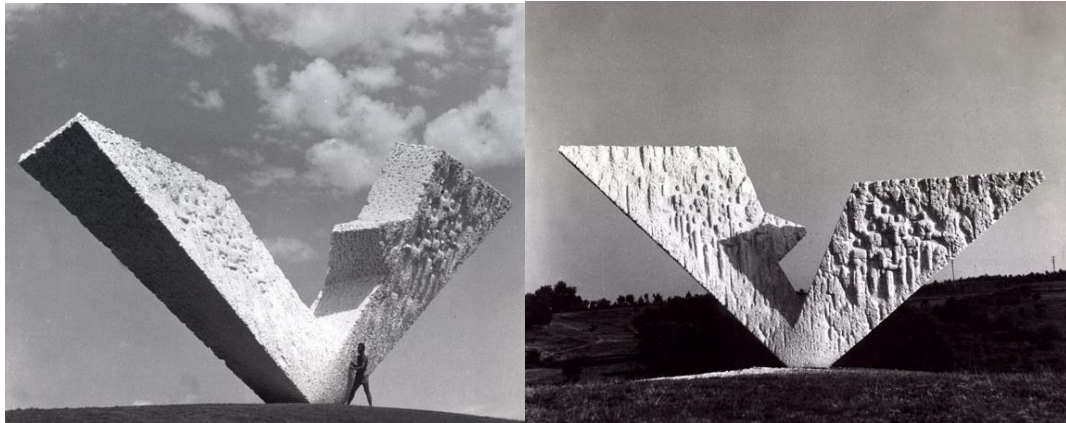


Figura IV.192 y 193. Miodrag Zivkovic, *Spomenik Streljanima* en Kragujevac, 1969/1970, Kragujevac.

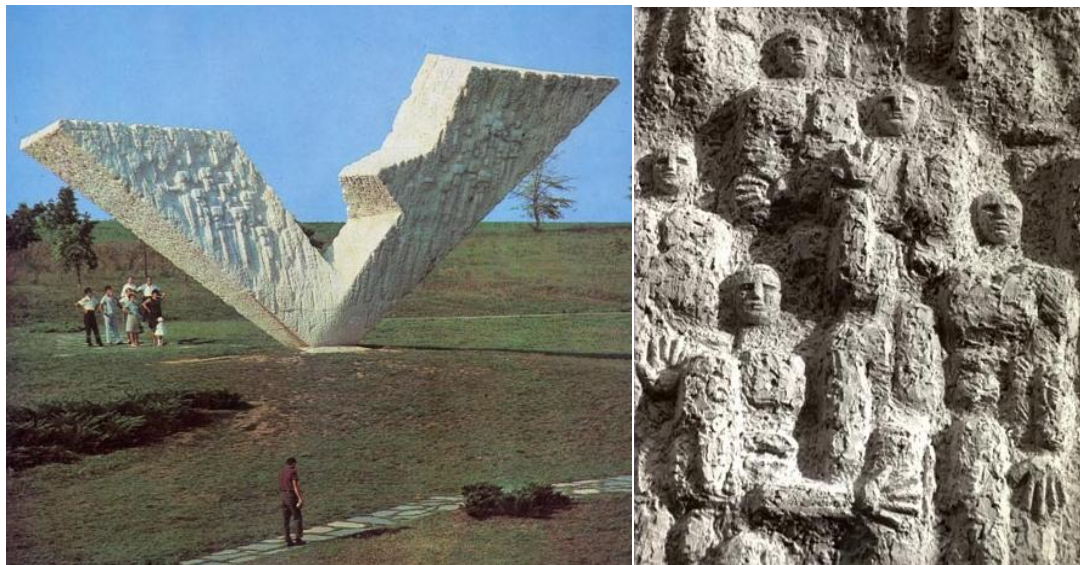


Figura IV.194 y 195. Miodrag Zivkovic, *Spomenik Streljanima* en Kragujevac, 1969/1970 .

En esta ocasión, una posible hipótesis de realización del monumento, es a base de relieves en barro, sobre los cuales se realizaron moldes escayola, colocados en la cara interior del encofrado de la escultura. Al retirar los paneles de encofrado es necesario picar la escayola hasta dejar descubierta la pieza.

Una segunda hipótesis es que dada la poca complejidad de las figuras representadas en los relieves, éstos se tallaran en el hormigón después de haber sido desencofrado.



Figura IV. 196. Miodrag Zivkovic, *Spomenik Kadinjaca 1952.1970*

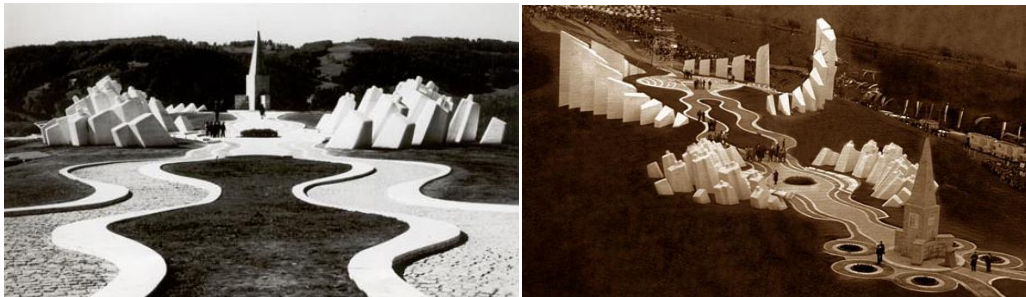


Figura IV. 197 y 198. Miodrag Zivkovic, *Spomenik Kadinjaca 1952. 1970* Vistas generales



Figura IV. 199 y 200. Miodrag Zivkovic, *Spomenik Kadinjaca 1952, 1970* en su estado recién erigido. Detalles.

Este gran complejo se realizó en hormigón blanco y por la textura de sus paramentos posteriormente al desencofrado, se debió de realizar un tratamiento de chorro de arena para quitar la primera capa de lechada quedando las superficies texturadas y más homogéneas.



Figura IV.201 y 202. Miodrag Zivkovic, *Monumento construido en memoria de la resistencia del Batallón de trabajadores que lucharon y murieron durante la Batalla de Kadinjaa*, Serbia en 1941, escultor Miodrag Zivkovic y estado original de la pieza.

En este monumento, en la parte central, se debió proceder de forma similar a la pieza de Tjentiste, realizando la parte de complejidad formal primero en poliestireno expandido y sacando el encofrado a medida a partir de la pieza realizada a escala uno a uno.⁴⁶

⁴⁶Para más información acerca del artista véase ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Miró, Joan (1893-1983)

Joan Miró nace en Barcelona en 1893, hijo de relojeros, desde pequeño tiene inquietudes artísticas ingresando en la Escuela de Artes industriales y Bellas Artes de Barcelona, en 1918 expone por primera vez, en 1920 realiza su primer viaje a París donde es influido por las vanguardias, fauvistas, cubistas y surrealistas. En 1921 expone por primera vez en París y en 1928 expone junto con un grupo de artistas surrealistas en París.⁴⁷

A partir de los años sesenta encuentra su estilo particular y ya no lo abandonará tanto en pintura, en obra gráfica, como en escultura.



Figura IV.203 y 204. Joan Miró , *Mujer y Pájaro*, 1983, escultura de Joan Miró en Barcelona realizada en hormigón y cerámica.

Por la forma hueca e irregular de su interior, es probable que se haya realizado con gunitado, sobre una estructura de mallazo soldado de semejante forma, proyectando sobre el mismo el hormigón. Una vez alisada la superficie se procede al recubrimiento de la misma con trozos de azulejería pegados a la escultura con mortero cola.

⁴⁷Para más información acerca del artista véase VVAA. (2010). *Joan Miro Biography*. [en línea]. Barcelona: Fundación Miró. [Fecha de consulta 05/05/2014]. < <http://joanmiro.com/> >

Moeschal, Jacques (1913-2004)

Arquitecto y escultor belga nacido en Uccle en 1913, ingresa en 1929 en la Academia de Bruselas donde posteriormente fue profesor.

Es el escultor belga más reconocido internacionalmente. Su lanzamiento internacional se produjo con la *Flecha de la Ingeniería Civil*, un pabellón de la *Exposición Universal* de Bruselas de 1958.

Fue uno de los escultores que representaron a su país en la realización del conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* como conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México.

Particularmente Moeschal tiene obras significativas de gran volumen y altura, muchas de ellas realizadas en hormigón. Se caracterizan por ser formas abstractas, elevadas sobre un fuste, algunas de ellas cogiendo gran altura.



Figura IV.205 y 206. Moeschal, *Disco Solar*. 1968, Esculturas para los juegos olímpicos de en México antes y después de la restauración.

Dado su tamaño y forma, la manera más fácil de realización actual sería mediante la técnica de gunitado, abaratando costes y tiempos. Para la realización de los planos tersos, se colocan líneas maestras con listones en los vértices y se alisa la superficie apoyándose en ellas de vértice a vértice sobre estas líneas maestras.



Figura IV.207 y 208. Moeschal, *Señal*, 1963.

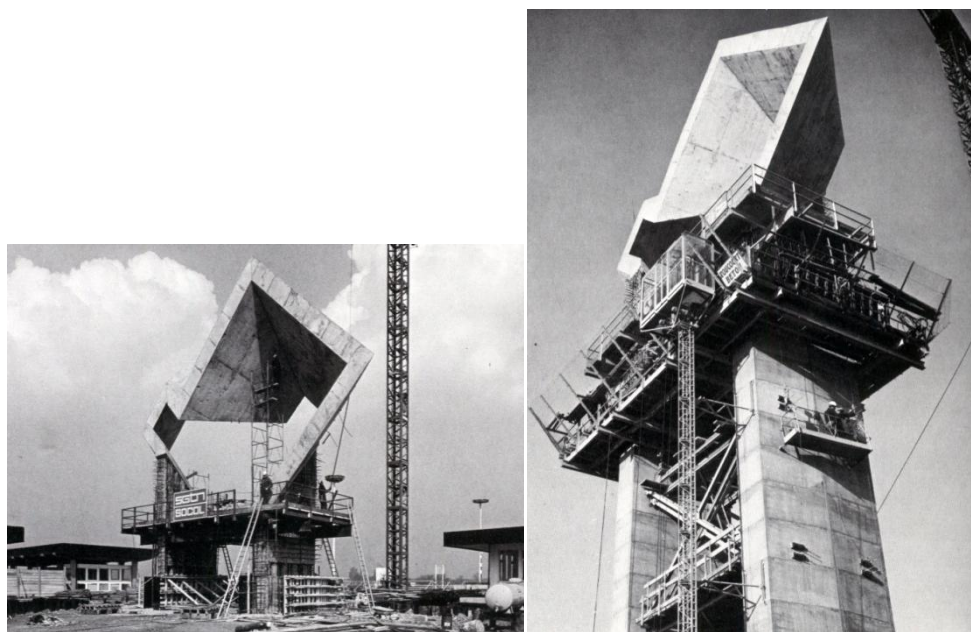


Figura IV.209 y 210. Moeschal *Señal*. 1973 . Proceso de ejecución de la escultura.

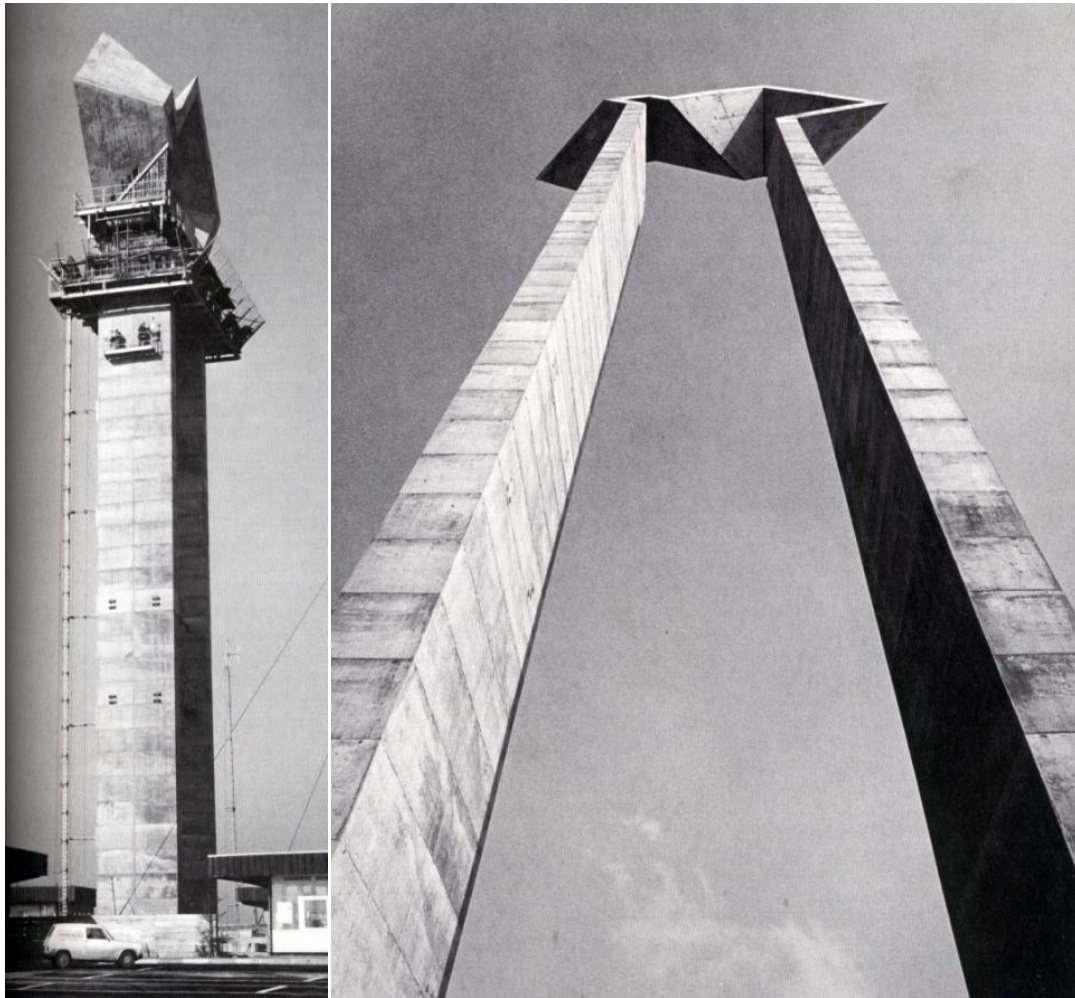


Figura IV.211 y 212. Moeschal , *Señal*. 1973. Proceso de ejecución de la escultura

Para la realización de la escultura se ha utilizado la técnica de hormigón estructural en altura mediante encofrados telescópicos autoportantes: en el mismo encofrado se va avanzando según se va hormigonando mediante la utilización de gatos hidráulicos. Antes de comenzar a elevarse se realizó la parte más alta de la escultura, y posteriormente fue creciendo el fuste sobre el que esta soportado.

Moore, Henry (1898 1986)

Henry Moore nace en 1898 en el Reino Unido estudia en la *Leeds School of Art* y en el *Royal College of Art de Londres*, es uno de los grandes artistas del siglo XX, se le ha concedido el título de Doctor honoris causa por distintas materias en las Universidades de *Leeds, Londres, Harvard, Reading, Cambridge, Oxford, Berlín, Hull, Sussex, St Andrews, Yale, Shefteld, York, Toronto, Manchester, Warwick, Durham, Columbia, Nueva York y Baradford*.



Figura IV. 213. Henry Moore, *Cabeza de Mujer*, 1926.

Fue nombrado académico en Buenos Aires, Estados Unidos, Viena, París, Bélgica y Serbia. Ha sido distinguido con gran cantidad de títulos y premios a lo largo de su vida y perteneció a las juntas directivas de la *National Gallery* de Londres y de la *Tate*.



Figura IV.214. Henry Moore, *Mujer Reclinada*, 1927.

La obra de Henry Moore ha influido en gran parte de los escultores del siglo XX, su obra escultórica es fundamentalmente antropomorfa, destacando las figuras femeninas recostadas a modo de la cultura Azteca. Henry Moore estuvo atraído desde sus principios por las formas escultóricas primitivas haciendo numerosas visitas al *British Museum*.



Figura IV.215. Henry Moore, *Figura reclinada*, 1932.

Las figuras de Moore son siempre curvas no admiten vértices angulosos. Sus primeras obras comienzan siendo formas cerradas y poco a poco se van abriendo.

Henry Moore también utilizó la técnica de la escultura en hormigón, especialmente en su primera fase de producción, realizando obras de vaciado en hueco y macizas. Toda la obra de este gran escultor es muy orgánica, rara vez realiza superficies planas, por lo que su manera de ejecución lógica seguía el proceso de modelado en barro y vaciado a partir de moldes de escayola.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Nivola, Costantino (1911-1988)

Costantino Nivola nace en Orani, Italia en 1911, hijo de una familia muy humilde, trabaja primero en la construcción y posteriormente en un taller de pintura en Cerdeña. De allí se traslada a Milán para trabajar en el *Instituto Estatal para la Industria Artística*.

En los años treinta viaja a Francia y Roma donde conoce a su futura mujer, Ruth Guggenheim. Con la llegada al poder del fascismo en Italia, deben de salir del país, estableciéndose en Estados Unidos, concretamente en Long Island.

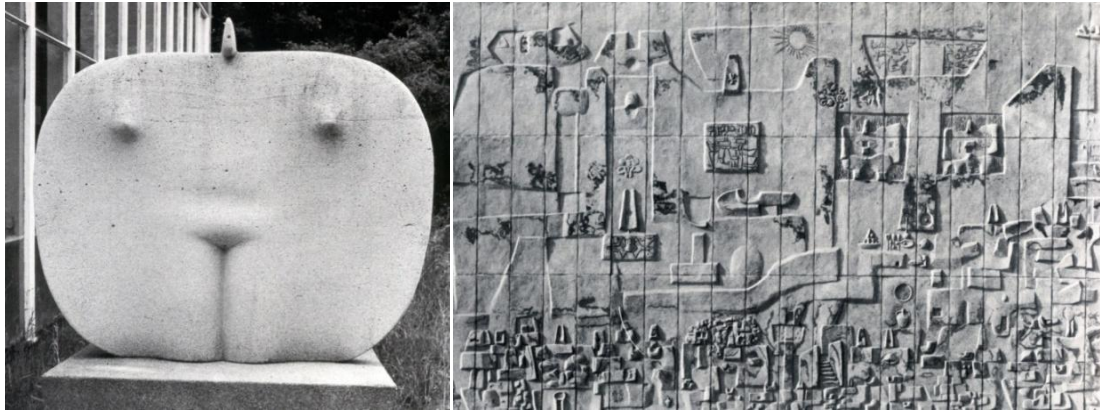


Figura IV.216 . Costantino Nivola, *Sardinian Widow* ,1984.Figura IV. 217. Costantino Nivola, *Sin título* 1951.

Nivola comienza allí la técnica del *Sand-casting*, realizando relieves en hormigón para universidades y empresas. En 1954 entra a formar parte como profesor en la *Universidad de Harvard* y en 1972 se le nombra miembro de la *Academia Americana de las Artes y las Letras* siendo el primer miembro no americano que ingresa.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Netz-Paulik, Liselotte (1922-2004)

Lisetotte Netz-Paulik nace en Alemania en 1922. Ingresó en 1946 en la Academia de Bellas Artes de Múnich, en 1948 se traslada a París donde estudia escultura en la Academia La Gran Chaumière. Ha sido galardonada con numerosos premios y ha expuesto en países como Italia, Suiza, Francia, Alemania entre otros.

Sus esculturas por lo general están realizadas con planchas de metal, enfrentando planos con distintos buzamientos o bien torsiones de los mismos. Tiene una serie de esculturas en hormigón en pequeño tamaño, de abstracciones antropomórficas realizadas mediante modelado y vaciado en hormigón. También en el relieve mostrado abajo, realizado *in situ*, con hormigón, ejecutado mediante encofrado de listones y tabloncillos de madera, representando una balanza.



Figura IV.218. Liselotte Netz-Paulik, *Relieve*, 1959.

Oteiza, Jorge (1908-2003)

Jorge Oteiza nace en 1908 en Orio Guipúzcoa, comienza los estudios de medicina en Madrid, aunque no los termina. Atraído por la escultura ingresa en la *Escuela de Artes y Oficios* de Madrid, regresa a Guipúzcoa, donde gana el primer premio de *Artistas Noveles Guipuzcoanos* en 1931 con la escultura en hormigón *Adán y Eva*.



Figura IV.219. Jorge Oteiza, *Adán y Eva*, *Tangente S=E/A* 1931. Figura IV.220 Jorge Oteiza, *Comprendiendo políticamente*, 1935.

Abandona España en 1935, se traslada a Hispanoamérica donde recorre diversos países dedicándose a la pedagogía y a la literatura, en 1949 regresa a España. En 1950 gana el concurso para el conjunto de los apóstoles de la Basílica de *Nuestra Señora de Aránzazu*, terminándolo en 1968.

En 1957 se le concede el primer Premio de la *Bienal de Sao Paulo* en Brasil, en 1985 la *Medalla a las Artes* del Ministerio de Cultura y en 1988 el *Príncipe de Asturias de las Artes*. En 1992 dona toda su colección particular al pueblo de Navarra y unos meses antes de inaugurar su museo, en el año 2003, fallece.

Jorge Oteiza ha sido uno de los escultores españoles más influyentes, tanto a nivel nacional como internacional. Desde sus comienzos como escultor no cesó de investigar la forma escultórica, por lo que presenta una trayectoria con una evolución constante de su obra.



Figura IV.221. Jorge Oteiza, *Estudio de relieve*/1956-1958.

Jorge Oteiza realizó gran cantidad de obras en hormigón, y como muchos escultores, especialmente lo utilizó en sus inicios, al ser un material sumamente económico.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Patkai, Ervin (1937-1985)



Figura IV.222. Ervin Patkai *Escultura de montaña*, 1973.

Ervin Patkai⁴⁸ es un escultor de origen húngaro, nace en Bekescsaba en 1937, comienza sus estudios en la *Escuela de Artes Decorativas* de Budapest, dejándolos sin terminar, emigra a París en 1956 donde ingresa en la *Escuela Nacional de Bellas Artes* de París. Allí fue alumno de Georges Adam y donde comienza la técnica de talla en negativo con alambre sobre poliestireno expandido, primero utilizado en escenografías y posteriormente en escultura en hormigón. En 1967 participa en el simposio de Grenoble de donde posteriormente le surgirán numerosos encargos para realizar esculturas en distintas universidades y centros de estudio a lo largo de toda Francia. Sus piezas son de formas recargadas, muy barrocas y con una característica estratificación que le identifica.

La técnica consiste en ir recortando planchas normalmente dispuestas horizontalmente con huecos en el interior, que posteriormente se van apilando y uniendo. Capa a capa y por orden se hormigona el interior y ya fraguado se retiran esas planchas que han servido de encofrado de la escultura.

⁴⁸Para más información acerca del artista véase PATKAI, Ervin. (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea]. París: Patkai. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

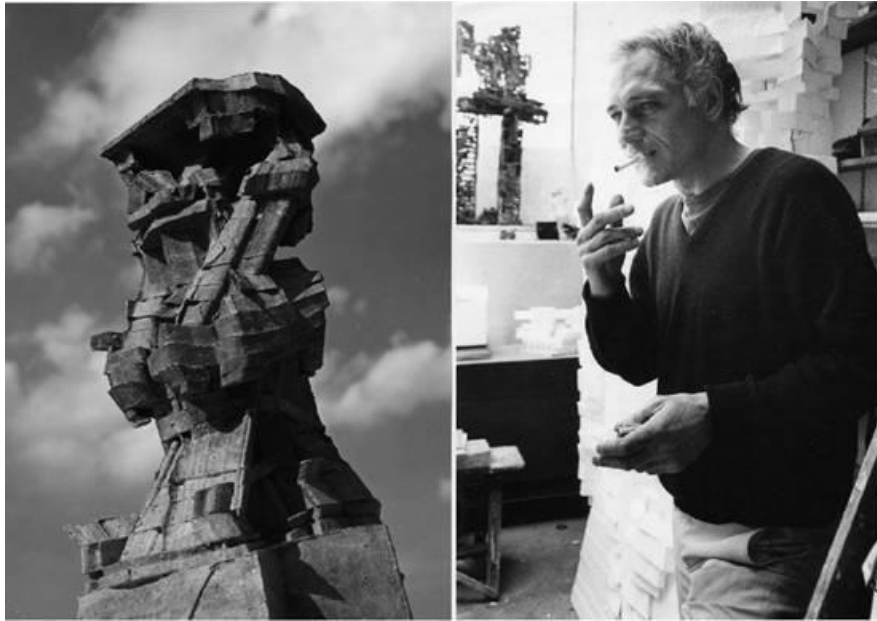


Figura IV.223 y 224. Ervin Patkaï *Structure Pleine*, El artista junto a su obra, 1973.



Figura IV.225 a 226. Boceto y preparación de esculturas de Chartier Grenoble, Francia, 1970. Tallado el negativo en los bloques de poliestireno expandido.



Figura IV.227 y 228. Detalles del hormigonado por capas y no de continuo para que no existan coqueras en espacios del encofrado que suben en interior.

Se aprecia en las imágenes el orden de colocación de cada una de las laminas para evitar errores en la colocación de los moldes, la numeración está dispuesta en las esquinas. Como nexo de unión entre capa y capa el escultor introduce unas varillas estructurales, como se puede apreciar en la fotografía superior. Estas varillas interiores permiten en algunas zonas de la escultura que la materia quede suspendida en el aire a modo de estalactita.

Para evitar que el material con su empuje pueda elevar el poliestireno expandido, demasiado ligero, se apilan unas pesas sobre las planchas y se espera a que se inicie el fraguado para realizar la siguiente capa. También se insertan varillas atravesando las capas de poliestireno expandido que se está ejecutando para evitar que pueda haber movimientos horizontales entre una plancha y otra.

En la fotografía de la -figura IV.132 - se aprecia que la escultura ha sido realizada en tres fases para poder ser transportada al lugar definitivo, generalmente el escultor, las esculturas monumentales las realiza in situ en un único bloque.

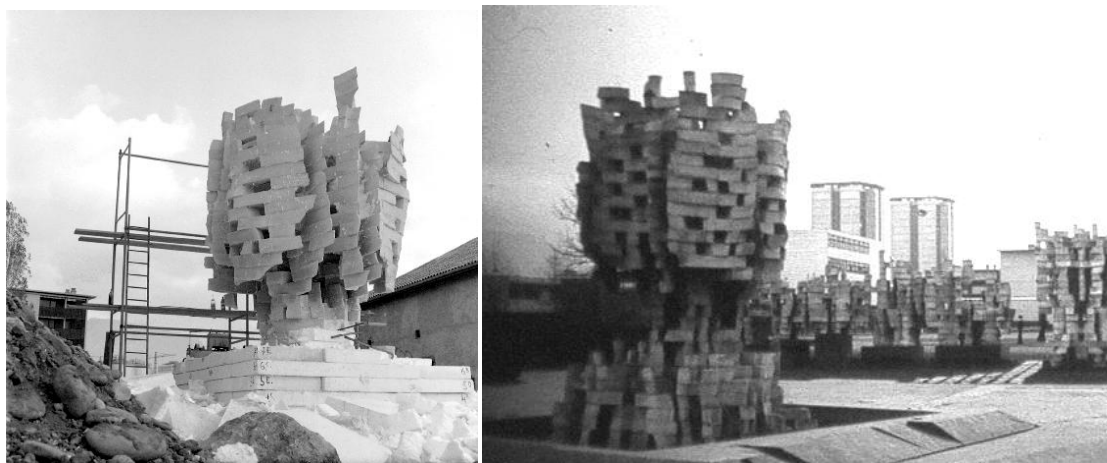


Figura IV.229 y 230. Detalle del desencofrado y vista general de las piezas. *Chartier, 1970.*

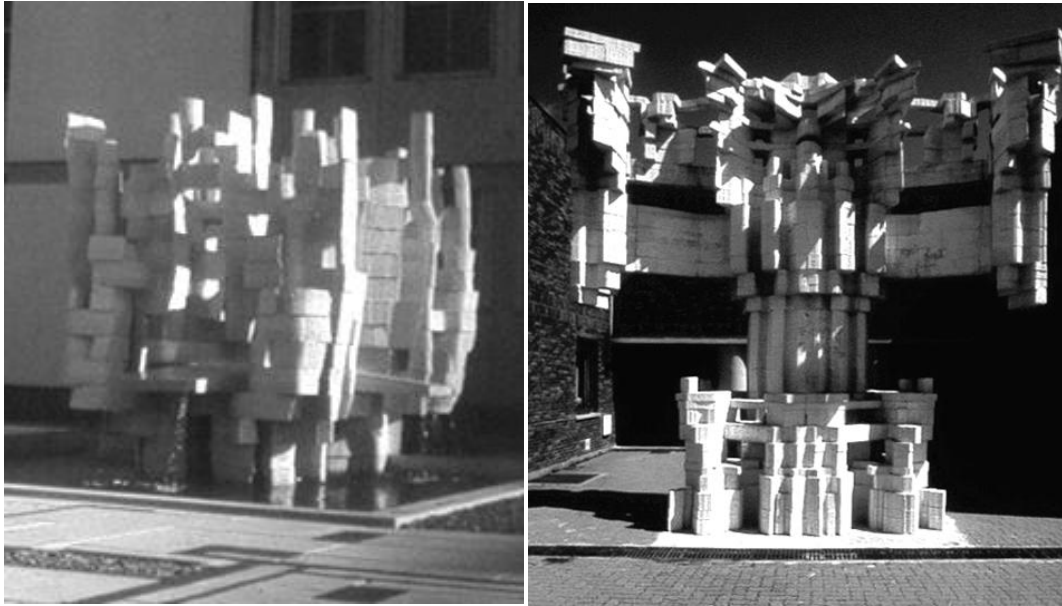


Figura IV.231 y 232. Ervin Patkai .*Fuente*, 1969. *Escultura para el Liceo Descartes de Montigny le Bretonne*, 1982.

Gran parte de las esculturas que realiza mantienen un eje de simetría central y vertical, como se aprecia en la imagen superior derecha.

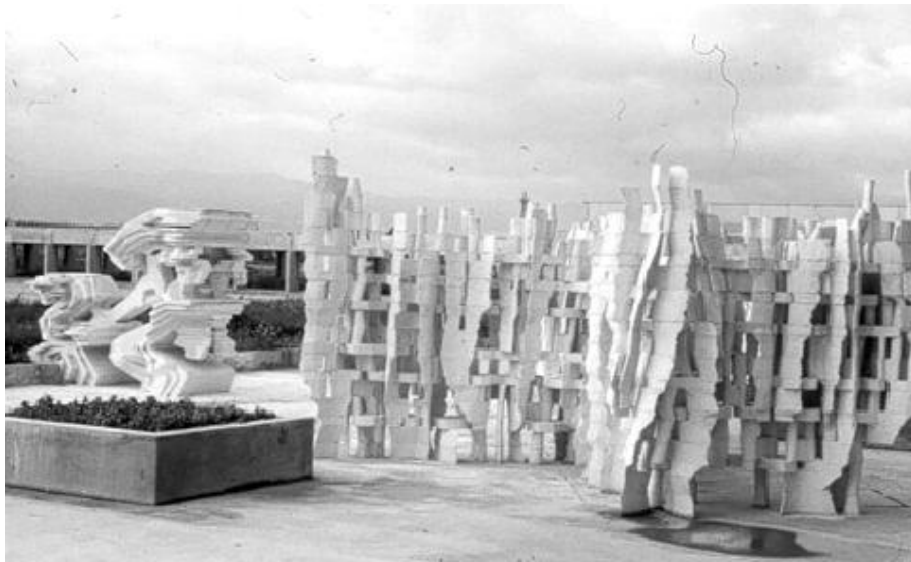


Figura IV.233. Ervin Patkai *Conjunto escultórico para la facultad de Ciencias de Cézaux en Clermont Ferrand*,

El conjunto escultórico realizado en Clermont Ferrand, consta de un grupo de seis piezas con entramados de mallas irregulares de ejes entrelazados horizontales y verticales más una escultura central que preside al resto, que a diferencia de las anteriores destacan por sus estratificaciones plegadas con distinto buzamiento.



Figura IV.234 y 235. Ervin Patkai. *el simposio de la Foret de Sérnat* 1971 y 1973, *Cess600* 1973.



Figura IV.236 y 237. Ervin Patkai., *Facultad de Ciencias de Rennes*, 1973, con detalle del escultor dentro de ella.

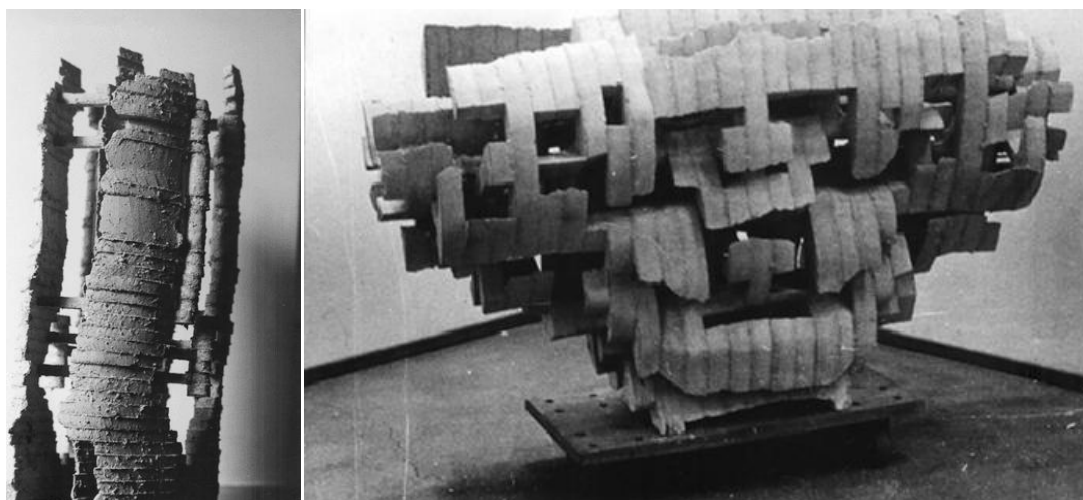


Figura IV.238 y 239. Ervin Patkai., *Sin título* 1966 y *Sin Título* 1967.

Penalba, Alicia (1913-1982)

Alicia Penalba fue una escultora Argentina hija de padres españoles que se establecieron en Argentina y Chile. Penalba ingresa en la *Escuela Superior de Bellas Artes Ernesto Carcova* de Buenos Aires en 1929. Posteriormente, en 1948 obtiene una beca del Gobierno Francés para continuar sus estudios en la *Escuela Nacional Superior de Bellas Artes de París*, en la especialidad de Grabado, obteniendo el premio especial para alumnos extranjeros. Continúa estudiando esta vez escultura en la *Academia de La Grande Chaumier*, donde reconoce su verdadera vocación que no abandonará, cautivada por las corrientes vanguardistas de principios de siglo XX, que la encaminará a la abstracción no figurativa constante en toda su obra.⁴⁹ Penalba residirá entre París y Pietrasanta, Italia el resto de su vida.



Figura IV.240. Alicia Penalba .*Grupo de esculturas campo alado* (1963).



Figura IV.241. Alicia Penalba, *Grupo de esculturas campo alado* (1963). Detalle de las patologías de una de las piezas.

⁴⁹ Para más información acerca de la escultora véase PENALVA, Alicia. (2010). *Cronología*. [en línea]. México: Penalba. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.penalba.com> y VVAA. (2008). *Alicia Penalba*. [en línea]. París: CHAMPETIER Michelle galería. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.mchampetier.com>

En la -figura IV 241-, se advierten unas patologías, ya restauradas que han sido cerradas mediante un mortero fino. La patología es posible que venga producida por la aparición de microfisuras o poros en su parte superior que han ido permitiendo el paso del agua y que con la gelivación⁵⁰ ha incrementado su tamaño.



Figura IV.242 y 243. Penalba. *Grupo de esculturas campo alado* 1963. Imagen de la escultora realizando en conjunto escultórico y estado actual del mismo.

En la figura 152, se ilustra con claridad cómo la escultora ha realizado este conjunto escultórico. Primero se realiza una cimentación como base asegurándose la estabilidad de la misma dejando unas esperas⁵¹ para enlazar con el resto de la escultura, después coloca una estructura metálica en malla con una tela de gallinero alámbrica para que al colocar el mortero tenga sustento. Una vez dada una primera capa que es lo que se aprecia en la fotografía que está haciendo el operario se da una segunda donde el artista da con la textura superficial definitiva. Actualmente esta técnica se realiza más cómodamente con el gunitado, o bien hormigón proyectado el proceso del vertido del hormigón es más rápido otra forma puede ser realizando una forma matriz preliminar en poliestireno expandido sobre la cual amoldamos una malla de PVC y aplicamos encima un mortero tixotrópico similar al que se aplica en restauración⁵² especialmente indicado para el modelado directo.

⁵⁰ Véase Capítulo V *Patología y restauración de esculturas realizadas en hormigón*, dentro del apartado V-I *Acciones físicas*.

⁵¹ El uso de las esperas consiste en dejar sobresalir parte de la armadura en el proceso de hormigonado para enlazarlas con el resto de la figura que aún no haya sido hormigonada.

⁵² Un ejemplo de este tipo de morteros es el que proporciona la marca COPSA con el producto COPSAGUNIT TXT 60.

Hans, Petri (1919-1996)

Hans Petries un escultor holandés nacido en Weerselo en 1919, hijo de un pastor protestante, la familia se traslada a Dordrecht cuando a su padre le destinan para officiar en la Iglesia mayor de la localidad. En 1941 comienza a estudiar Biología dejándolo enseguida al encontrarse llamado por los estudios de Bellas Artes, ingresando en la *Academia de Bellas Artes de Rotterdam* eligiendo la especialidad de escultura, aunque no llega a terminar la licenciatura.

Hans Petri se especializa en los años sesenta en instalaciones escultóricas integradas en el paisaje. Parte de sus obras en especial las realizadas en los años sesenta fueron ejecutadas en hormigón.



Figura IV.244. Hans Petri, *Formas de Hormigón*, 1970.



Figura IV.245. Hans Petri. *Speelobject, Olifant*, 1963,

Se aprecia patología de fisuración rehabilitada, aparentemente microfisuras que posteriormente han sido acrecentadas por la gelivación y eflorescencias.



Figura IV.246 y 247. Hans Petri, *Speelobject, Olifant*, 1963 Detalles de la escultura.



Figura IV.248. Hans Petri. *Jonas in de Walvis* 1965. Figura IV. 249. Hans Petri. *Zonder*, 1962.

En la figura IV 159, en la escultura *Zonder*, se aprecia una textura similar a la china lavada, esta textura se puede obtener de dos maneras: una es aplicándole un chorro de arena posterior al desencofrado y otra aplicando un retardador de fraguado en los encofrados y recién desencofrado se le aplica un chorro de agua a presión que elimina la primera capa dejando vistos los áridos de mayor volumen. También se aprecia como patología la aparición de una varilla de la armadura en su parte inferior la cual ya se ha oxidado.



Figura IV.250. Hans Petri. *Fonte in landchap*, 1973.



Figura IV.251 Hans Petri *Fonte in land chap*, 1973. Detalle de la obra.

La escultura *Fonte in land chap* de la figura IV .161 goza de buen estado sin patologías aparentes, se aprecia una buena ejecución de la misma. Dentro de la fotografía se puede ver una colina artificial seccionada por planos de bloques de hormigón pigmentados, dicha actuación también fue realizada por el mismo autor.

Picasso, Pablo (1881-1973) Nesjar, Carl (1920-

Pablo Ruiz Picasso nace en 1881 en Málaga, hijo de un profesor de dibujo de la *Escuela de San Telmo* que posteriormente por serle concedidas las plazas de profesor en las escuelas de arte de La Coruña y Barcelona después la familia se traslada a ambos sitios.

A los catorce años ingresa en la *Escuela de Bellas Artes de Barcelona*, en 1892 viaja a Madrid pero el ambiente academicista le hace regresar a Barcelona. En 1900 viaja a París con motivo de la *Exposición Universal* en donde se expone un cuadro suyo.

En 1904 se establece definitivamente en París donde se relaciona y promueve las vanguardias pictóricas del momento, creando junto a Braque y Juan Gris el cubismo.

Su obra es inmensa, ha realizado gran cantidad de Pinturas, grabados, diseños, esculturas, cerámica y escenografías. Su obra está expuesta en los mejores museos del mundo y ha influido en la mayoría de los artistas de su época.

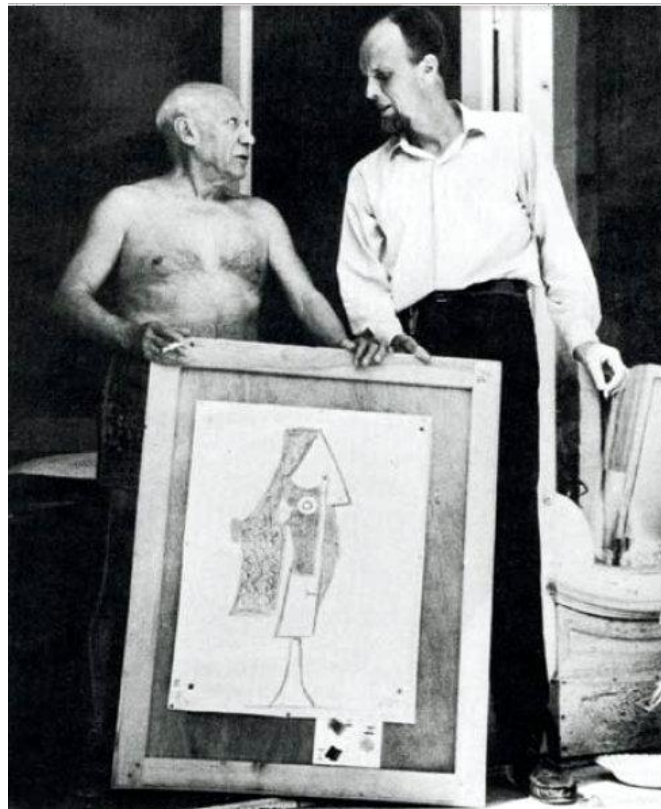


Figura IV.252. Pablo Picasso y Carl Nesjar en 1957.

Desde 1956 a 1971, Carl Nesjar se asocia con Picasso para realizar a gran escala bocetos de Picasso. El tándem realiza doce grandes esculturas situadas desde Jerusalén a Oslo.

Carl Nerjar en un escultor de origen Noruego estudió el bachiller en Nueva York en el *Instituto Pratt* en 1935 a 1938 y Bellas Artes en la *Escuela de Nacional de Arte y diseño* y en la *Academia de Arte*, ambas de Oslo. Comienza a exponer en 1940, principalmente su obra ha sido pictórica pero con la técnica del grabado en hormigón ha realizado gran cantidad de esculturas y relieves.

Carl Nesjar tiene junto con las obras realizadas con Picasso esculturas de acero monumentales en Noruega y gran cantidad de obra pictórica.



Figura IV.253. Carl Nesjar durante el encaje de uno de sus relieves en 1957.

Carl Nesjar, escultor y pintor noruego, utilizó la técnica del hormigón grabado, la técnica consiste en distinguir el color del árido fino del grueso de manera que cuando se le aplicaba un chorro de arena a la pieza aparece el color oscuro al predominar la superficie del árido oscuro más grande. La dosificación debe ser muy precisa de tal manera que exista un salto de volumen entre el cemento y árido fino al grueso sin intermedios.

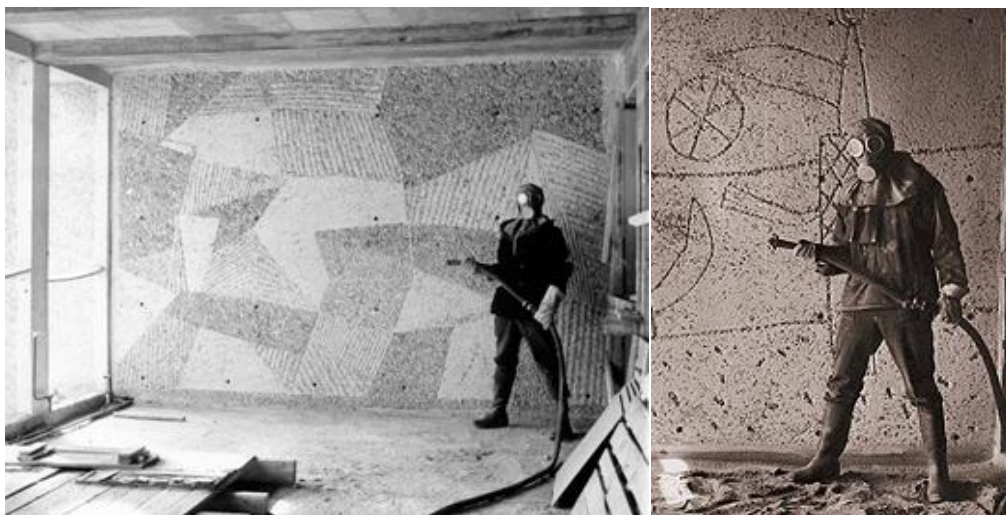


Figura IV.254 y 255. Carl Nesjar trabajando en un relieve en 1957 y 1958 con la manguera del chorro de arena y protecciones.



Figura IV.256 y 257. Picasso , Carl Nesjar, *The Bust of Sylvette* 1968.

Desde 1956 a 1971, Carl Nesjar se asocia con Picasso para realizar a gran escala bocetos de Picasso. El tándem realiza doce grandes esculturas en distintos países.

La mayoría de las esculturas reproducidas a tamaño monumental proceden de cartones plegados de o de paneles de madera sobre los que dibujaba Picasso, como *The Bust of Sylvette* una chica rubia inglesa que con diecinueve años de edad inspiró a Picasso cuarenta piezas entre cuadros y esculturas.

Nesjar realizaba un encofrado de un paño fino, de un espesor de unos 14 cm, con la forma de la escultura diseñada por Picasso y sobre el hormigón mediante el chorro de arena grababa la imagen proporcionada por Picasso, si necesitaba una tonalidad en especial acudía a áridos de color.



Figura IV.258 y 259. Picasso, Carl Nesjar, *Cabeza de mujer*, diseñada por Picasso en 1962 y ejecutada por Carl Nesjar en 1971.



Figura IV.260. Picasso, Carl Nesjar *Retrato de Jaqueline*, 1965.

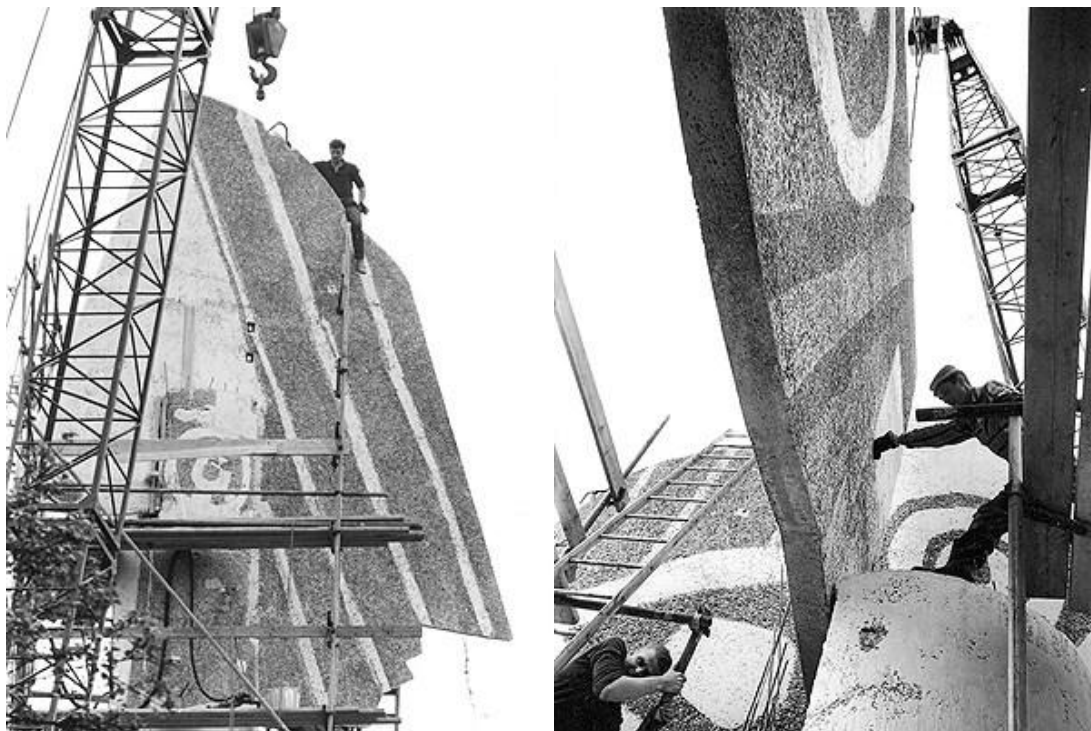


Figura IV.261 y 262., Picasso, Carl Nesjar, *Retrato de Jaqueline*, , 1965. Detalles del montaje de la escultura



Figura IV.263. Picasso /Carl Nesjar, *Cabeza de Mujer*, 1971.



Figura IV.264. Picasso / Carl Nesjar *Fachada del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña en Barcelona*, 1962.

Pondruel, Denis (1949-

Pondruel⁵³ nace en París en 1949 estudia el grado en ingeniería de la *Escuela de Artes y Oficios* de París terminando en 1973. Ha expuesto en Alemania, Francia, Italia, Luxemburgo y Turquía, entre otros países. Su trabajo es muy amplio realizando generalmente instalaciones mecánicas robóticas motorizadas, utilizando las últimas tecnologías y materiales para los mismos.

Durante los años 2006 y 2007 el artista Denis Pondruel realiza una serie de esculturas que son pequeños habitáculos en hormigón, aparentemente con un encofrado paralelepípedo, posiblemente de metal, para poder reproducirlas, con caras totalmente planas y limpias de textura. Las oquedades que realiza a modo de habitáculos, pasos, ventanas o escaleras, se deben de realizar en materia fácilmente retirable como el poliestireno expandido. Además internamente emplea fibra óptica para incorporar palabras o frases en los huecos que aparecen iluminados directamente desde el hormigón bien en los paramentos exteriores, bien en el interior de los habitáculos. El artista también participó en la exposición *Betón Art 7* recientemente.



Figura IV.265. Pondruel, *CTRTD 285*, 2006



Figura IV.266 Pondruel, *CTRTD 281*, 2006,

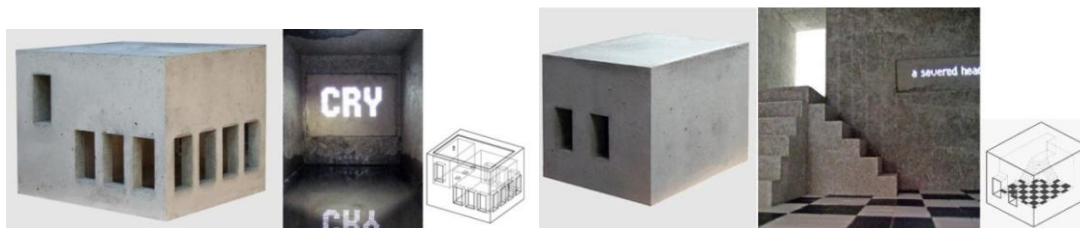


Figura IV.267 y 268. Pondruel, *Cry / T7* 2006, que también se refleja en el suelo del habitáculo con el agua de lluvia introducida. Pondruel, *A severed Head / T5* 2006, y suelo realizado con retícula semejante a tablero de ajedrez

⁵³Para más información acerca del artista véase PONDUEL, Denis. (2007). *Travaux Récents*. [en línea]. Francia: Pondruel. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.denispondruel.org/fr/>>

Ramírez Villamizar, Eduardo (1922-2004)

Ramírez Villamizar nace en Pamplona localidad de Colombia en 1922. En 1940 comienza los estudios de Arquitectura en Bogotá, en la *Universidad Nacional* dejándolos antes de terminar al sentirse más atraído por las Bellas Artes. Sus comienzos son dentro del campo pictórico con cuadros expresionistas. En 1950 se traslada dos años a París y desde allí visita Madrid y Nueva York, a partir de los años sesenta su obra es primordialmente escultórica con abstracciones geométricas, realizadas en metal pintado u oxidado.

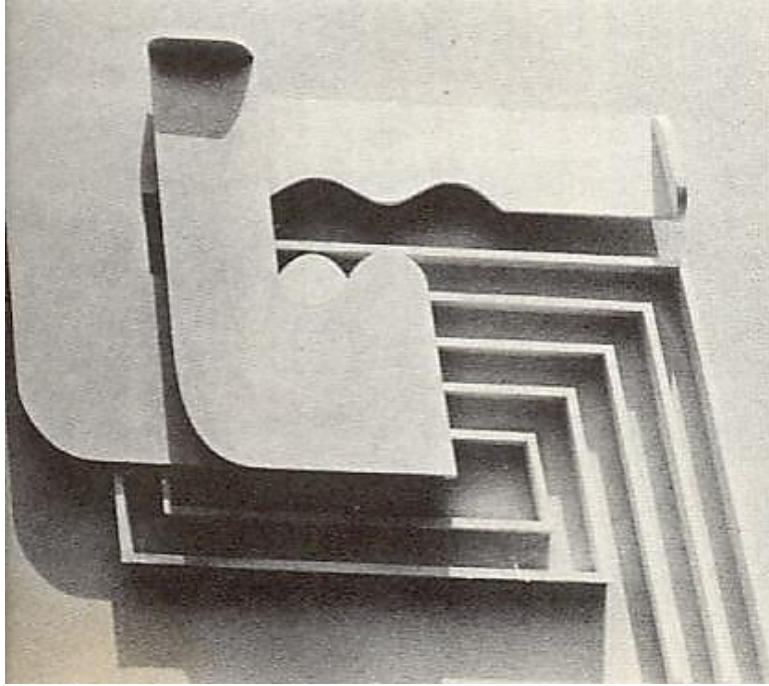


Figura IV.269. Ramírez Villamizar, *Serpiente precolombina* 1964.



Figura IV.270. Ramírez Villamizar, *16 Torres en los cerros orientales*, 1973.



Figura IV.271 y 272. Detalles de actuaciones vandálicas tanto de pintadas y grafitis como de arranque del enfoscado.



Figura IV.273. Firma del artista.



Figura IV.274. Ramírez Villamizar, *16 Torres en los cerros orientales*, 1973. Vista general actual

Ruche, Maurice (1920-

Maurice Ruche es un escultor suizo nacido en 1920. Su obra escultórica siempre ha estado dentro de la abstracción geométrica, a base de planos curvos sobre paralelepípedos en acero o figuras de revolución seccionadas por huecos procedentes también de formas de revolución realizadas en acero inoxidable.

Dentro de la técnica de la escultura en hormigón realizó para la ciudad de Ginebra una escultura consistente en un par de columnas realizadas mediante la repetición de un poliedro irregular que gira 180 grados cada pieza que asciende verticalmente. Este tipo de modulaciones van ancladas entre sí mediante pernos metálicos y anclaje químico. Cada columna consta de un total de doce módulos de 113cm de altura.



Figura IV.275 a 277. Maurice Ruche. *Escultura Modular* 1981.

Sánchez, José Luis (1926-)

José Luis Sánchez nace en Almansa en 1926, asiste allí a la *Escuela de Artes y Oficios*, y en 1935 se traslada con su familia a Madrid donde estudia Derecho y trabaja en una entidad bancaria. Pero en 1952 comienza a asistir a las clases en la *Escuela de Artes y Oficios de Madrid* de la calle Marqués de Cubas, clases impartidas por Ángel Ferrant a quien le denomina como su maestro.



Figura IV.278 y 279. José Luis Sánchez. *Detalle de la Santa Generación de la Iglesia* Parroquia de Santa Ana 1967.

Se le conceden becas para profundizar sus estudios artísticos en Roma, Milán y París. Ya de vuelta en Madrid comienza su labor artística fundamentalmente escultórica, destacando las colaboraciones con numerosos arquitectos.

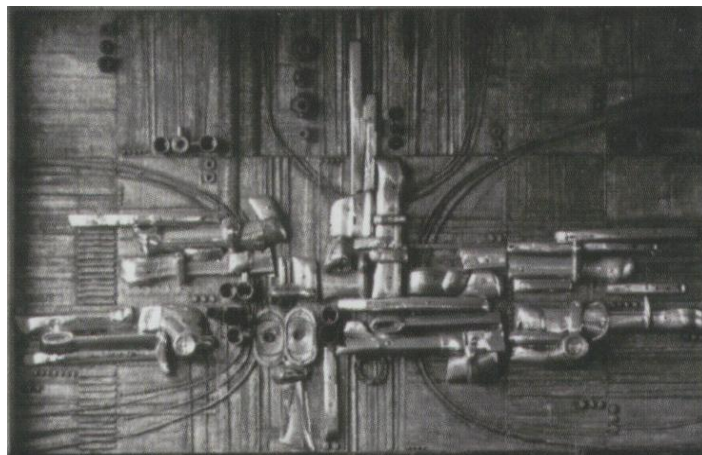


Figura IV.280. José Luis Sánchez. *Relieve en el Real Automóvil Club de España RACE* /1966.

Durante los años sesenta, setenta y ochenta el escultor José Luis Sánchez fue uno de los artistas más prolíficos de España, con una calidad asombrosa. Gran parte de esta grandiosa obra fue realizada en hormigón.

En 1970 comienza a exponer en París en *Artcuria* lo que le proyecta internacionalmente, en 1986 es elegido académico de *La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando* de Madrid. Ha sido profesor de tercer ciclo de la *Universidad Complutense* de Madrid.



Figura IV.281. José Luis Sánchez. *Hospital Gregorio Marañón* , 1989.

En la actualidad vive y trabaja en Pozuelo de Alarcón, localidad madrileña.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Sánchez Pérez, Alberto (1895-1962)

Alberto tal y como era conocido en su vida profesional fue un artista español nacido en Toledo, de familia humilde, que se trasladó a Madrid en la segunda década del siglo. Allí contacta con artistas de la talla de Ángel Ferrán y Rafael Pérez Barradas.⁵⁴ Su obra destaca en pintura con el paisaje sobrio castellano y en escultura con obras surrealistas y abstracciones.

Crea la Escuela de Vallecas en 1927 junto a Benjamín Palencia, disolviéndose con la guerra civil y es aquí cuando se le requiere para realizar una escultura que se disponen la entrada del pabellón que representa a España en la exposición universal de París en 1937 donde exhibirán entre otros Picasso y Francisco Pérez Mateo⁵⁵. Posteriormente Alberto Sánchez es acogido por la URSS en su exilio, donde se le destina como profesor de dibujo de los niños españoles que se quedaron en dicho país. Muere en Moscú en 1962.

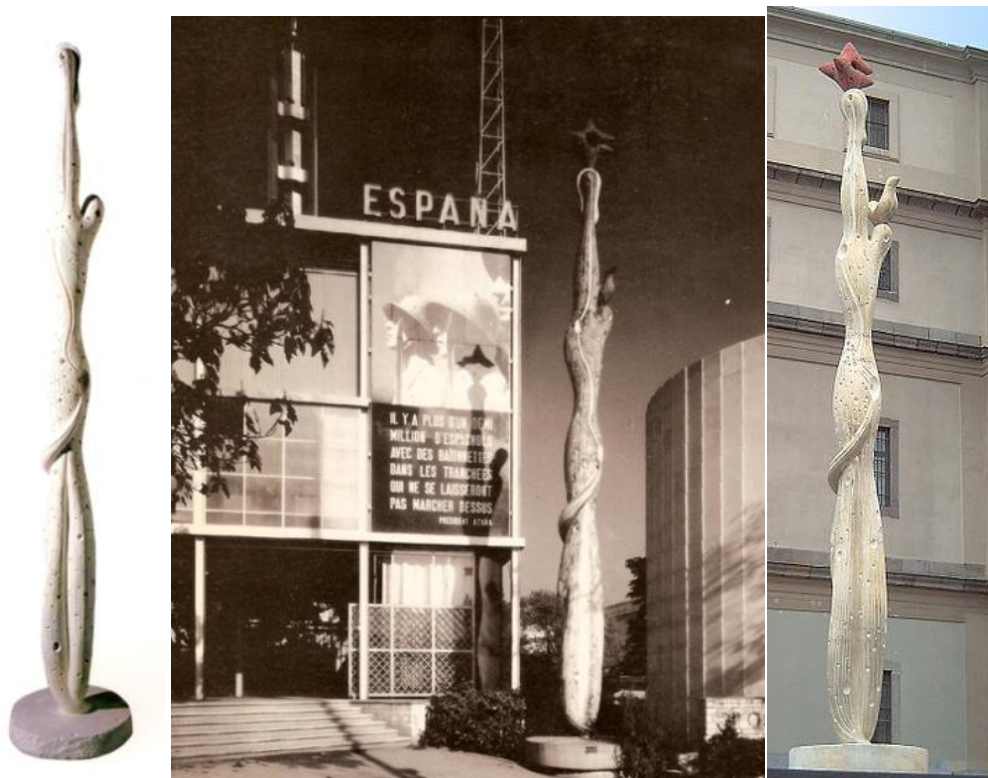


Figura IV.282 a 284. Alberto, *El pueblo español tiene un camino que conduce a una estrella*, 1937.

La escultura que acompañó al pabellón español en la Exposición universal de París de 1937, actualmente se encuentra frente al Museo Reina Sofía de Madrid. Se trata de una pieza realizada en hormigón con terminación al acrilato. La pieza fue modelada y posteriormente se vació en hormigón por colada, mediante un molde de resina con una estructura de acero similar a la de

⁵⁴ Rafael Pérez Barradas (1890-1929) Montevideo Artista uruguayo que proporcionó gran influencia en la pintura española de principios del siglo pasado.

⁵⁵ Francisco Pérez Mateo (1903-1936) escultor español.

los pilares de construcción en su interior. La pieza superior (la estrella) se realizó aparte y fue colocada posteriormente al fraguado del fuste principal.



Figura IV.285 a 287. Figuras. En estas tres imágenes se muestra el mal estado en el que se encuentra esta escultura cada metro y medio aproximadamente aparece una fisura de carácter horizontal.

Presenta graves patologías. Aparentemente y sin hacer catas para un estudio más certero parece que son líneas de lechada, el tiempo entre lechadas permitió el endurecimiento de la capa anterior y no hubo ligazón entre las lechadas aflorando posteriormente en fisuras que con el tiempo van incrementando su daño. Existe un intento de tapar la junta con un elastómero que ha sido expulsado no habiendo ligado a la escultura.

Sauermann, Annette (1957-

La escultora Annette Sauermann nacida en 1957 en Essen, Alemania, termina sus estudios en Comunicación Visual en 1987 en Aachen, donde vive y trabaja. Ha realizado exposiciones en Estados Unidos, Alemania Francia, Suiza, Países Bajos y Bélgica. Sus materiales de trabajo habituales son el hormigón, el papel y el plexiglás. Realiza esculturas jugando con la luz, la transparencia y opacidad de los materiales. Normalmente utiliza papeles, láminas vinílicas y metacrilatos. En esta ocasión para la exposición *Beton art 7* en París utilizó marcos de hormigón.⁵⁶



Figura IV.288 y 289. Annette Sauermann. *Sin título*, 2006.

Sauermann en estas piezas une magníficamente la fragilidad del papel traslúcido con la rotundidad, fortaleza y peso del hormigón.

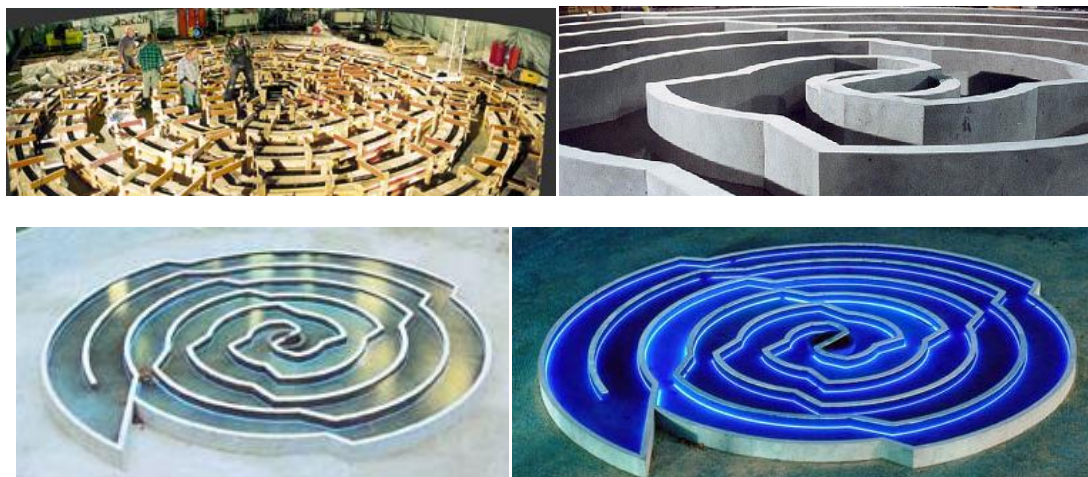


Figura IV.290 a 293. Annette Sauermann. *Espiral Doble* 2001, fotografía de la realización de la pieza y una vez realizada de día e iluminada de noche. La escultura lleva un doble canal de agua en sentido contrario.

⁵⁶Para más información acerca de la escultora véase SAUREMANN, Annette. (2010) *Obra*. [en línea]. Alemania: Sauermann. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.annette-sauermann.de/>>

Sauras, Javier (1944-

Javier Sauras, escultor aragonés, académico de la *Real Academia de Nobles y Bellas Artes de San Luis* de Zaragoza.

En conversaciones mantenidas con el escultor sobre su experiencia con la técnica del hormigón en la escultura, comenta que comienza a utilizar el hormigón en la *Facultad de Bellas Artes de Barcelona*, según Javier Sauras en aquella época se le trataba como un material poco noble para la escultura. Después, al salir de la Facultad se familiariza con el hormigón, especialmente porque su hermano es ingeniero de Caminos.

Su primera escultura de dimensiones importantes en este medio es un proyecto para la *Caja de Ahorros de Bilbao Vizcaya* en el barrio de las Cruces de Baracaldo.



Figura IV.294.Javier Sauras,*Monumento conmemorativo, Viviendas Vizcaya*, 1971.

Javier Sauras diseña una escultura y prepara una maqueta que posteriormente la constructora realiza *in situ*.

Estando ya como docente en la universidad de Bilbao se le encarga realizar un Monumento a Miguel de Unamuno para el Rectorado de la Universidad del País Vasco en el campus de Leioa (Vizcaya).



Figura IV.295

5. Javier Sauras, *Llave del Camino*, 1996.

Tiene obras de gran formato en este material como la *Llave del Camino* realizada en 1996 en hormigón armado.

Posteriormente realiza la exposición de esculturas realizadas en hormigón *Alchimia Materiae* en Zaragoza durante el 2003.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Seguin, Olivier (1927-

Olivier Seguin es un escultor y dibujante Francés Nacido en Montreuil-sur-mer en 1927, se formó estudiando en la *Escuela de Bellas Artes de Lile* entre 1943 y 1947. Se trasladó a Marruecos de 1952 a 1957, donde realizó sus primeras exposiciones. Regresó a Francia un corto periodo de tiempo para ir a México en 1959, donde comenzó a impartir clases en la Universidad de Guadalajara en la *Escuela de Arquitectura* y en la *Academia de Bellas Artes de San Carlos* en la Ciudad de México y en 1969 en la Universidad de Washington.

En 1972 vuelve a Francia siendo Director de la *Escuela de bellas Artes de Tours*, Olivier Seguin. En el campo de la escultura siempre se ha decantado por la abstracción, realizando sus trabajos primordialmente en piedra y acero pero durante la época mexicana también realiza obras en hormigón.⁵⁷



Figura IV.296. Olivier Seguin , *Estación 15 de la Ruta de la Amistad*, 1968.

En 1968 se le encarga a Olivier Seguin realizar la estación número 15 del conjunto escultórico de *La Ruta de la Amistad* en conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en la Ciudad de México.

⁵⁷Para más información acerca del artista véase SEGUIN, Olivier. (2008). *Biografía*. [en línea] Francia: Seguin. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.olivier-seguin.fr/>>

Dicha escultura hoy en día su ejecución más sencilla sería mediante la técnica del gunitado, creando una estructura metálica cerrada por un mallazo y en el interior del mismo un geotextil para que al proyectar el mortero no se cuele dentro de la pieza y vaya haciendo cuerpo la piel de la escultura, estando fresco el mortero fratasarlo y generar tersura mediante reglas. Una vez endurecido pintar del color deseado.



Figura IV.297 y 298. Olivier Seguin , *Estación 15 de la Ruta de la Amistad*, 1968, Detalles del estado original de la pieza y actual con ataques vandálicos y desconchamientos.



Figura IV.299 y 300. Olivier Seguin , *Figuras entrelazadas*, 1960, y Olivier Seguin , *Sin título*, 1969.

En esta última pieza realizada para la Universidad de Missouri, en las partes realizadas en hormigón se puede proceder del mismo modo que se comentaba anteriormente con la escultura de *Estación 15*, pudiendo ser realizadas mediante la técnica de hormigón gunitado.

Sempere, Eusebio (1923-1985)

Eusebio Sempere nace en Onil, Alicante en 1923, con la Guerra Civil se desplaza con su familia a Valencia donde cursa estudios en la Escuela de Bellas Artes de San Carlos, donde obtiene el título de profesor. En 1941 se le concede la beca del SEU para continuar los estudios en París. Allí hospedado en la Casa de España entabla amistad con Eduardo Chillida y conoce a Palazuelo. En París profundiza en las vanguardias contemporáneas conociendo personalmente a Georges Braque en 1950, expone en el salón de Otoño de París en 1959 y en 1960 participa en las Bienales de Sao Paulo y Venecia. Ese mismo año regresa a España, trabaja con el Grupo Parpalló y en 1961 expone en el Ateneo de Madrid.



Figura IV.301.Eusebio Sempere,*Banco en S*, 1972. Figura IV.302. Eusebio Sempere,*Fuente*, 1972.

Se le conceden dos becas para viajar a Nueva York en 1963 y 1966 donde conoce el Pop Art. Durante las décadas 60, 70 y 80 realiza más de cien exposiciones en España, Italia, Japón, Alemania y Estados Unidos de América.

En 1980 se le concede la medalla de Oro al Mérito de Bellas Artes y el Príncipe de Asturias a las Artes en 1983.

Eusebio Sempere fue un artista polifacético expresándose en su obra de muy distintas maneras. En escultura normalmente a través del acero inoxidable. Tras contactar con la Fundación Eusebio Sempere, se me transmitió que en hormigón solo tenía dos piezas. Fue un material que tocó puntualmente, concretamente esas dos piezas se encuentran en el Museo al aire libre de Escultura Contemporánea de Madrid.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Shemi, Yehiel (1922-2013)

Shemi nace en Palestina en 1922. Este artista Israelí ingresa a los diecisiete años en un Kibbutz donde realiza trabajos en la construcción y ayuda a la realización de esculturas. A principios de los años cincuenta realiza viajes a Nueva York, París e Italia, vuelve a Israel instalándose definitivamente en un Kibbutz de Galilea. La obra de Shemi es fundamentalmente abstracta, de superficies limpias en ángulos inclinados interseccionadas y está realizada en metal primordialmente, aunque ha alternado en algunas ocasiones con el hormigón armado.



Figura IV.303. Shemi, *Genesis*, 1971.

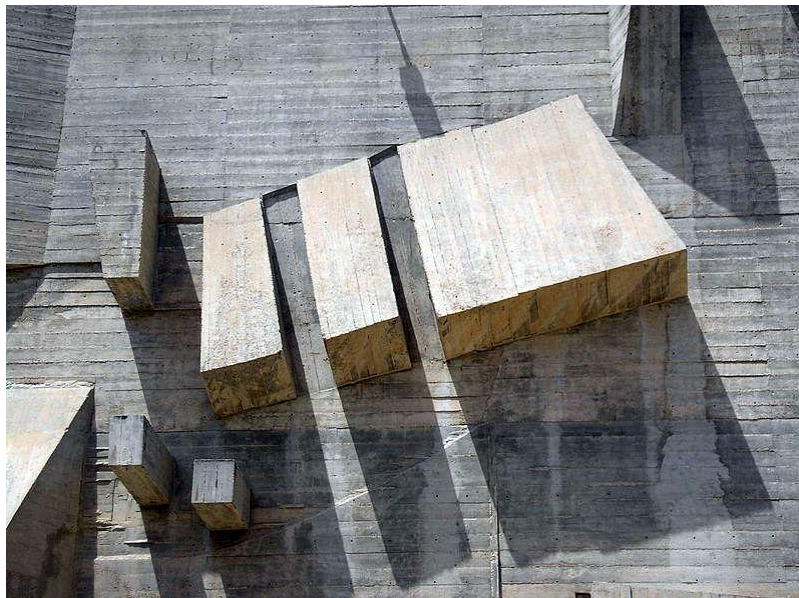


Figura IV.304. Shemi, *Escultura Arquitectónica*, 1967.

Esculturas “Génesis” y Escultura arquitectónica” Realizadas en hormigón armado con encofrados de tablonos de madera.

Somaini, Francesco (1926- 2005)

Francesco Somaini nace en Lomazzo (Como, Italia). En 1926 comienza sus estudios en la *Accademia de Belle Arti de Brera*, se licencia en Derecho en 1949 y en 1950 participa en la *biennale de Venecia*. A partir de este momento es invitado a participar en bienales como la de Sao Paulo o París y en los años sesenta comienza a ser reconocido en Estados Unidos.

Tiene gran cantidad de obra pública en Italia y en países como Estados Unidos, Nueva Zelanda, Japón, Holanda o Suiza.

Su obra en general son abstracciones muy barrocas de formas semejantes a telas en movimiento rasgadas o a cristalizaciones en giros. En los años cincuenta en su continua investigación de aplicaciones escultóricas realizó una serie de piezas en hormigón en modelado directo en cuya masa incorporó óxidos de hierro generando una textura visual inusual.⁵⁸

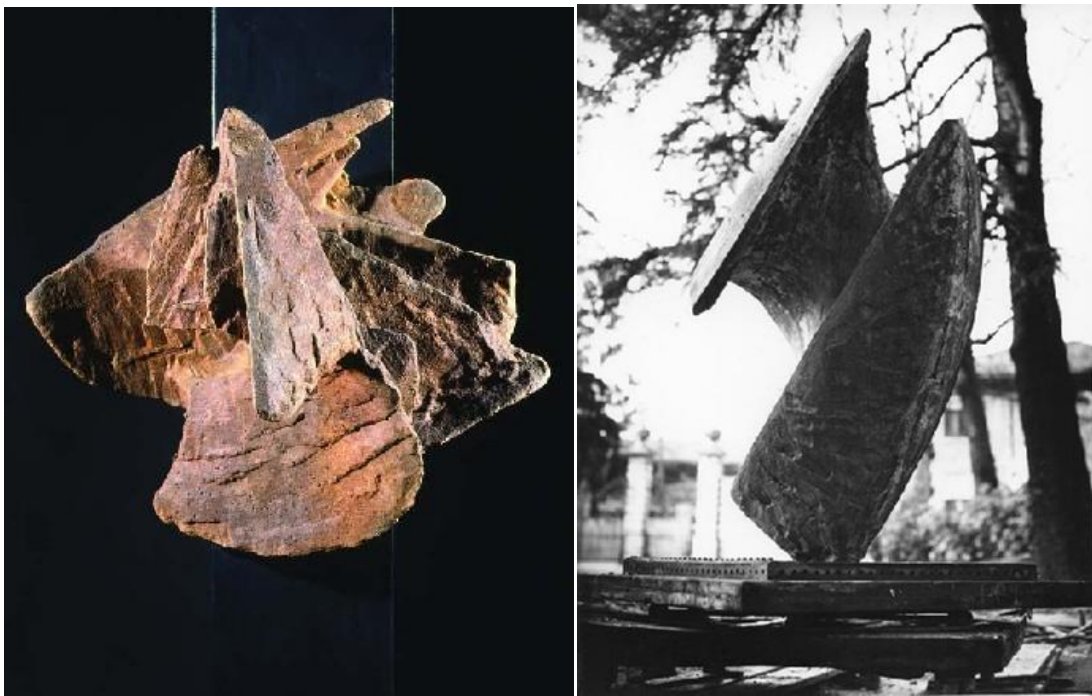


Figura IV.305 y 306. Francesco Somaini, *Scultura da parete III*.1957, Francesco Somaini, *Forza del nascere*. 1956.

Por la textura que dan las esculturas de Francesco Somaini, el hormigón fue realizado con una composición de mortero con óxidos de hierro, figuras aparentemente realizadas en modelado directo.

⁵⁸ Para más información acerca del artista véase .SOMAINI, Francesco. (2010), *Biografía*. [en línea]. Italia: Somaini. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://francescosomaini.org/it/>>

Staccioli, Mauro (1937-

Mauro Staccioli nace en 1937 en Volterra, Italia, se gradúa en Arte en 1954 y en 1960 comienza su labor docente en Cerdeña. Desde 1974 es Director de la *Escuela de Arte de Brera* y posteriormente en la *Escuela de Arte de Lovere*.

En 1976 y 1978 participa en las bienales de Venecia. Tiene obras en Gran Bretaña, Alemania, Bélgica, Francia, Estados Unidos, Andorra y principalmente en Italia donde se encuentra la mayor parte de su producción. Durante los años sesenta y ochenta realizó una serie de esculturas en hormigón, todas ellas según el mismo patrón, a base de formas poliédricas simples realizadas en hormigón en las que sobresalen pinchos de acero piramidales o cónicos. Figuras realizadas mediante encofrados de tablero, algunas de ellas con el acero atravesado otras incorporado posteriormente mediante fijación de anclaje de perno y solución química.



Figura IV.307 y 308. Mauro Staccioli, *Estado de asedio* 1980.

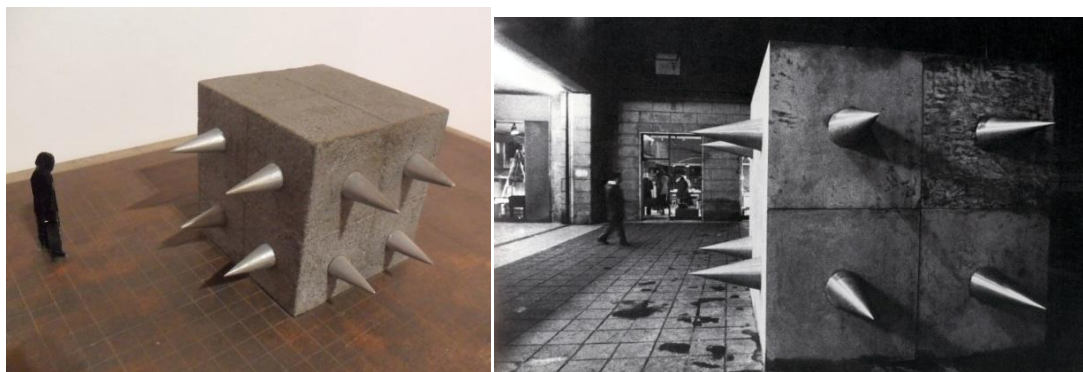


Figura IV.309 y 310. Mauro Staccioli, *Estado de asedio* 1976. Boceto de la escultura y escultura



Figura IV.311. Esculturas de Mauro Staccioli durante la exposición retrospectiva *anni del Cemento* 1962-1982, en las Galerías Ponte y Niccoli en Florencia y Parma en 2012.

Las formas son amenazadoras, no invitan a acercarse, de ahí el nombre de *Estado de Asedio*. Una de ellas se realizó para la ciudad de Milán. Gran parte de esta producción de esculturas similares se recopiló en dos exposiciones realizadas en las galerías Ponte y Niccoli de Parma y Florencia en el 2012.

Subirachs y Sitjar, José María (1927-

José María Subirachs es un escultor y pintor catalán nacido en 1927. En el campo de la escultura se ha caracterizado sobre todo por su escultura sacra en piedra, especialmente las realizadas para la Sagrada Familia de Barcelona, obra del arquitecto Gaudí. Dentro de su faceta de escultor, la realizada en hormigón, presenta generalmente formas angulosas y poligonales, así como texturas bastas y rugosas.⁵⁹



Figura IV.312 y 313. José María Subirachs *Cruz de Santa Coloma*, 1970.



Figura IV.314 y 315. José María Subirachs , *Monumento a Narciso Monturiol*, 1963.

⁵⁹Para más información acerca del artista véase SUBIRACHS, (2009). *Escultura*. [en línea]. Barcelona: Espacio Subirachs. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.esp.subirachs.cat/>>

La textura de los laterales se realiza añadiendo al encofrado tiras, posiblemente de poliestireno expandido, madera para poder ser retirado fácilmente y piezas rugosas de plásticos.



Figura IV.316 y 317. José María Subirachs , *Monumento a Ramón Llull*, 1976.

El monumento a Ramón Llull está realizado a base de nueve bloques dispuestos en abanico, mermando sus proporciones hasta llegar al último y más alto con proporciones cúbicas y de caras pulidas representando la perfección de Dios.



Figura IV.318 y 319 José María Subirachs , *Al otro lado del Muro*, 1972.

Texturas obtenidas con encofrado de láminas de madera, laterales devastados posteriormente con incisiones premoldeadas y círculos con superposición de anillos al encofrado e incorporación de piedras calizas al conjunto con anclajes embebidos en el hormigón.⁶⁰



Figura IV.320 y 321. Detalle de lateral de la escultura, de partes devastadas a posteriori. Detalle de patología de la pieza fisura posiblemente provocada por la acción de las heladas.



Figura IV.322 y 323. Detalle de patología de la pieza fisura posiblemente provocada por la acción de las heladas.

Las dos fisuras aparecidas en su parte superior e inferior hacen sospechar que el agua por filtración por gravedad, capilaridad y su posterior congelación esté produciendo esas fisuras. De continuar así sin tomar medidas es muy posible que pase de fisura a grieta con posterior desprendimiento de parte de la pieza.

⁶⁰En origen las esferas eran de aluminio pero fueron sustituidas por piedra tras sufrir una agresión la escultura.

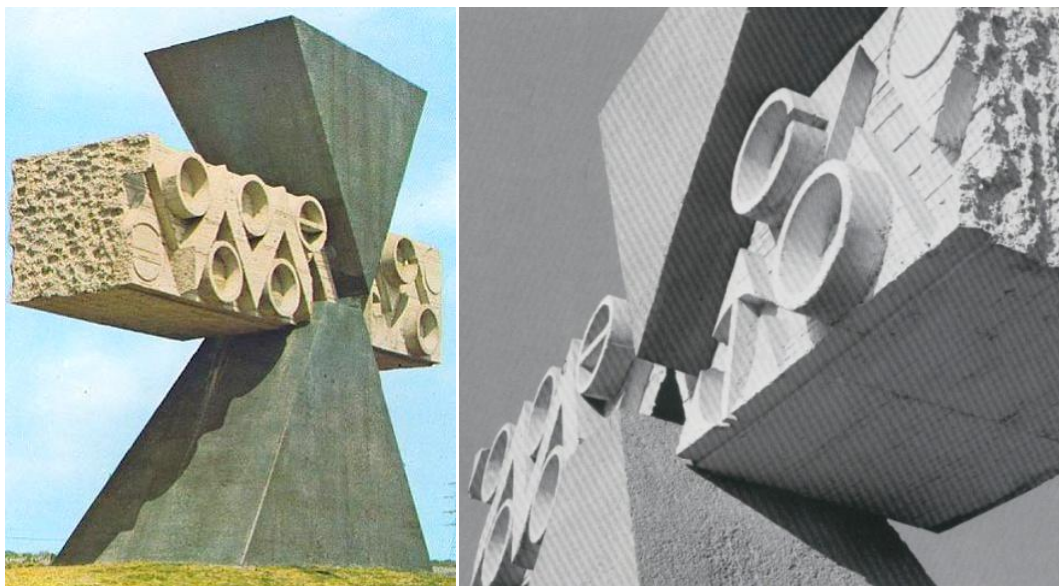


Figura IV.324 y 325. José María Subirachs , *Escultura de la ruta de la amistad*. 1968.

En 1968 Subirachs fue el escultor encargado en representar a España en el conjunto escultórico de la *Ruta de la amistad* para la celebración de los Juegos Olímpicos de 1968 en la ciudad de México.

La *Fundación Espai Subirachs* explica así el sentido de la escultura:

“La obra monumental que el escultor catalán Josep M. Subirachs hizo para la Ruta de la Amistad se encuentra muy cerca de las ruinas de Cuicuilco, concretamente en el cruce entre las avenidas Insurgentes y Periférico. Es como una cruz formada por dos pirámides confrontadas verticalmente que sostienen en el aire una forma rectangular horizontal. La pirámide inferior, apoyada en un suelo volcánico, es el símbolo de las culturas indígenas; su forma recuerda los monumentos mayas y aztecas. La pirámide que incide sobre ella hace alusión a la aportación española. Del encuentro fecundo de los dos pueblos y de sus culturas nació el México moderno, simbolizado por la forma horizontal que se prolonga indefinidamente, a derecha y a izquierda, en los brazos abiertos de la cruz. El rectángulo es de color más claro y contrasta con la superficie abujardada de las pirámides, ya que aparece trabajado a golpe de esfuerzo, sacrificio e ideales. Los signos en relieve combinan motivos de la cultura precolombina con los anillos olímpicos; mediante este tipo de jeroglífico se puede leer la palabra MEXICO. Así, la M se dibuja en relieve como una greca inacabada de inspiración prehispánica y las demás letras parece que se ocultan detrás de la reiterada criptografía de los anillos olímpicos y de la X que forman los perfiles de las dos pirámides.”⁶¹

⁶¹Texto tomado de . SUBIRACHS, (2009). *Obras*. [en línea]. Barcelona: Espacio Subirachs. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.esp.subirachs.cat/>>

Székely, Pierre (1923-2001)

Székely⁶² nace en Budapest, Hungría en 1923, en 1946 viaja para ampliar sus estudios en Bellas Artes y se establece allí definitivamente. Su obra primordialmente es gráfica, en escultura destacan sus piezas en piedra granítica. En 1957 comienza con un conjunto de trabajos que unen la escultura con lo lúdico y popular, unos complejos escultóricos que sirven a la vez como parques infantiles o rocódromos, haciendo funcionales unas formas puramente estéticas, de hecho algunos de estos trabajos están realizados con la colaboración de arquitectos.



Figura IV.326 a 329 Pierre SZékely *„L'Hay Les Roses”* 1958. Detalles del estado Original y el actual del parque diseñado por el escultor

⁶²Existe un catálogo razonado de las obras del escultor para ampliar información sobre las mismas.

KARINTY, Pierre. (2008), *CATALOGUE RAISONNÉ DES ŒUVRES DU SCULPTEUR PIERRE SZÉKELY (1923-2001)* . [en línea]. Francia: Karinty. [Fecha de consulta 16/09/2014].

<<http://j.p.karinty.free.fr/catalo.htm>> la información sobre el escultor se puede contrastar y ampliar en VVAA. (2010), *Székely, Pierre BIO*. [en línea]. Francia: MAGEN XX century Desing. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.magenxxcentury.com/designers/pierre-szekely/bio/>>

El complejo para L'Hay Les Roses está realizado en hormigón armado blanco. Algunas piezas están realizadas mediante encofrados de tableros de madera y otras por vaciado en hormigón de moldes perdidos. Estas piezas presentan deterioro en su aspecto exterior, no en su integridad estructural, ya que el hormigón después de cincuenta años de uso por el constante pisoteo de los niños está evidentemente sucio y con graffitis en alguna pieza. Con un lavado de cara mediante chorro de agua a presión y relleno de alguna fisura para evitar mayores patologías su esperanza de vida se pronostica larga.



Figura IV.330. Pierre SZékely , *Universo Games*, 1967.

Széleshy es también uno de los escultores que participa en el conjunto escultórico de *La Ruta de la Amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 realizados en México. Para esta ocasión Szélesky realiza una escultura en hormigón armado pintado llamada *Sol bípedo*.

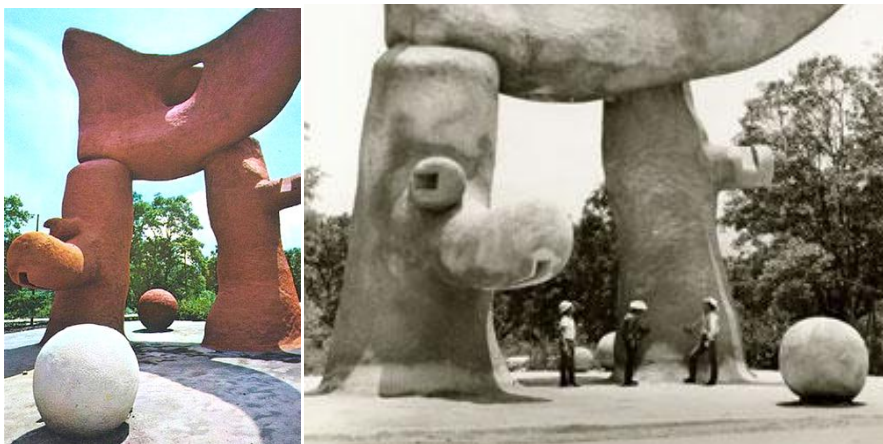


Figura IV.331 y 332. Pierre SZékely , *Sol bípedo*, 1968.

Dadas las formas de las figuras *Universe Games* y *Sol Bípedo*, el tamaño y la textura, la técnica actual que se utilizaría es el gunitado. Realizando una estructura de malla generando el

volumen con tela de geotextil en su interior para que el material proyectado sobre la misma no se introduzca en el interior, una vez proyectado sobre el mismo y aun fresco modelar la textura requerida y una vez fraguado pintar del color requerido o bien aplicar una última capa de mortero pigmentado.



Figura IV.333 y 334 Pierre SZékely , *The Lady of de lake*, 1975.

En 1975 se le encarga una pieza que a la vez pueda ser utilizada como escuela de escalada creando así la escultura *The Lady of the Lake*, realizada en hormigón armado mediante un encofrado de madera. Se trata de un gran paño cóncavo con agarres de presa y seta, pasillos para práctica de babaresa y terrazas para practicar extraplomos, todo ese gran paño semejante a una gran dama con capa está apoyado en una gran pletina trasera a modo de contrafuerte.

Takahashi, Kiyoshi (1925- 1994)

Takahashi nace en Niigata, Japón en 1924. Se gradúa en la *Escuela Nacional de Bellas Artes de Japón*, en 1953 viaja a México para estudiar las culturas prehispánicas, una vez allí se instala en Xalapa y trabaja para la *Universidad de Veracruz*.

En 1968 es seleccionado para representar a su país realizando una de las esculturas para el conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad* en México para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 en México, donde realiza *La Puerta del Sol* realizada en hormigón armado.⁶³

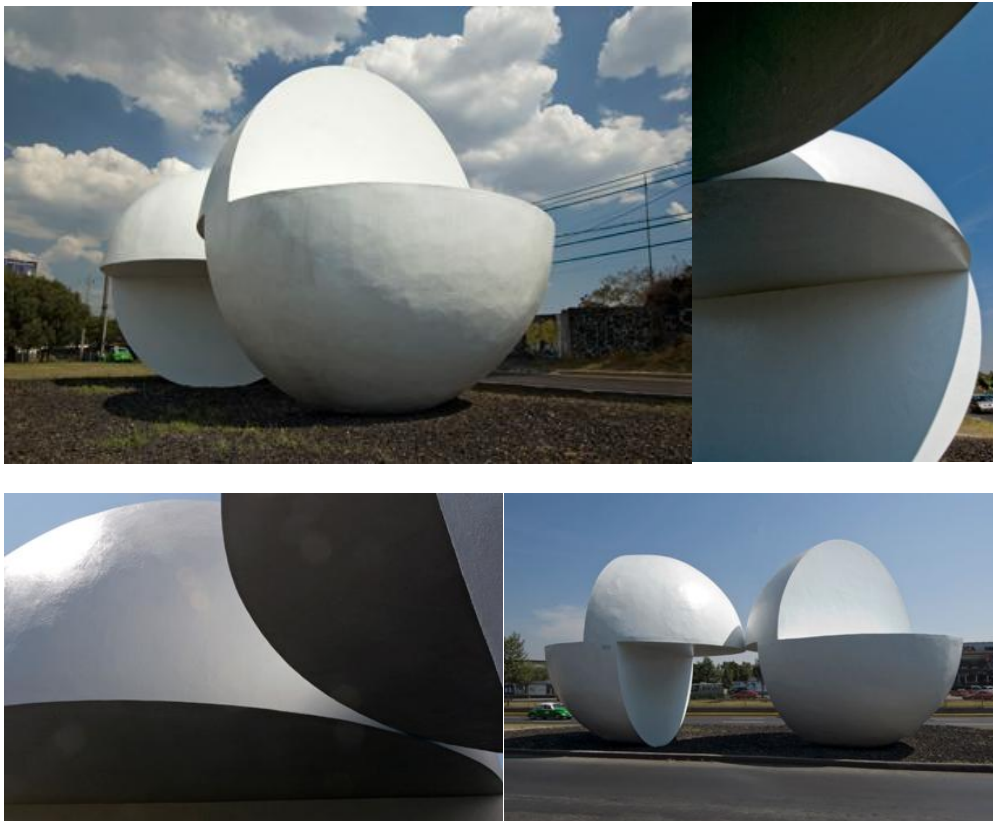


Figura IV.335 a 338. Takahashi, *La puerta del Sol*, 1968.

Su realización actual lógica sería construirla y modelarla en gunitado. Para obtener una superficie esférica realizaríamos una estructura autoportante con malla de acero y perfiles metálicos con un retranqueo de diez centímetros, dentro de toda la superficie generada colocaremos una lona geotextil que evitará que al proyectar el mortero traspase la estructura.

Para que la superficie de la esfera quede tersa realizaremos una plantilla circular que anclaremos al eje del diámetro para que genere la superficie de revolución se harán las pasadas sobre la superficie con el hormigón fresco hasta que la piel de la esfera quede limpia de rugosidades.

⁶³ Esta información se puede contrastar en La Secretaría de Estado de Educación Pública del Estado de México en VVAA.(2012). *Ruta de la Amistad* . [en línea]. México: SIC. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.sic.gob.mx/>>

Tandberg, Odd (1924-

Odd Tandberg nace en Akershus, Noruega, se gradúa en la *Escuela nacional de Bellas Artes de Oslo* en 1947.

La obra de Odd Tandberg es fundamentalmente pictórica, puntualmente también tiene obra escultórica en hormigón, realizando relieves en la técnica del hormigón grabado, similar a la de Carl Nesjar y alto-relieves con textura de china lavada.



Figura IV.339. Odd Tandberg, *La Rotonda*, 1966. Figura IV.340. Odd Tandberg, *La Rotonda*, 1966. Detalle del reverso del relieve.

Friso realizado en hormigón a modo de parapeto en patio interior del edificio, la técnica utilizada es mixta entre construcción de encofrado generando volumen, en este caso hendiduras y chorro de arena posterior para hacer el grabado sobre la superficie del relieve, se utiliza en la dosificación un árido oscuro y como conglomerante un cemento blanco de tal manera que al aplicar el chorro de arena y aparecer el árido oscuro se genera el contraste entre ellas produciéndose la imagen.



Figura IV.341. Odd Tandberg. *Relieve* 1966.

Para esta ocasión tanto para el reverso del relieve *La Rotonda* -figuras IV 250 y 249- como para la pieza entre columnas y el relieve de abstracción geométrica también realizado en el mismo edificio-figuras IV 251 y 252- optó por aplicar la técnica de china lavada para generar la textura superficial, esta textura se realiza aplicándole al encofrado un aditivo retardador, haciendo que la capa que esta en contacto del encofrado o molde endurezca más tarde, de tal manera que al desencofrar con la aplicación de un chorro de agua a presión esta capa superficial desaparece dejando vistos los cantos del mortero si la dosificación de la masa se hace con cantos rodados de color oscuro de dimensiones entre uno o dos centímetros y el resto de la dosificación se hace con un árido de color blanco y cemento blanco genera una textura similar a la de las rocas sedimentarias pudingas, siendo muy agradable al tacto.

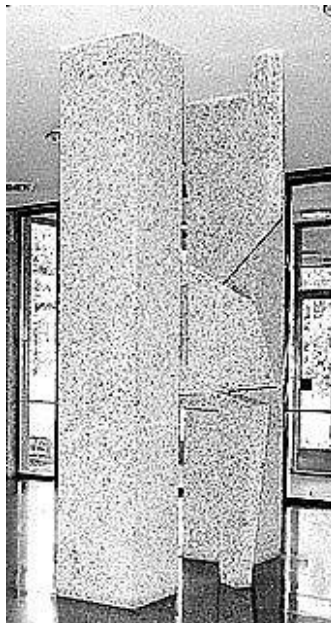


Figura IV.342. Odd Tandberg, *Sin título*, 1966.

Terwindt, Eugene (1941-



Figura IV.343. Eugene Terwindt, *Complejo escultórico Binnenplein* , 1990 .

Eugene Terwindt⁶⁴ nace en 1941 en Holanda donde desarrolla prácticamente la totalidad de su trabajo, estudia en la *Academia de Artes y Diseño de Arnhem* donde se especializa en el recién creado Departamento Monumental pertenece al denominado grupo *Escuela de Arnhem* junto con sus compañeros Masters Bass, Daan Karin y WimKoorvius.

Dentro de sus conjuntos escultóricos urbanos existen dos en los que predomina como material el hormigón: una plaza en Heerlen de carácter eminentemente constructivista realizada a base de distintos planos ortogonales a distintas cotas, a modo de balsas, rellenos de bolos volcánicos y láminas de agua. En la parte superior de dichos bancales presenta una escultura de tres planos realizados en hormigón armado forrado por teselas teniendo los planos blancos y los cantos de distintos colores en semejanza a la *Bauhaus*.

El conjunto escultórico está integrado con el resto de la plaza mediante planos de color en el solado perimetral.

⁶⁴ Para más información acerca del artista véase TERWINDT, Eugéne. (2010). CV. [en línea]. Holanda: Terwindt. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.eugeneterwindt.nl/>>



Figura IV.344 a 347. *Eugene Terwindt, Raadhuisplein in Papendrecht, 1994.*

Conjunto escultórico con tres piezas de hormigón cuatro lamas de hormigón visto que en su parte superior culminan con láminas de vidrio, una pieza estirada y curva con sección rectangular de 50x100 cm en hormigón pigmentado en negro pulido y una pieza a modo de colofón imitando un plano enrollado realizada en hormigón pigmentado. Para resaltar las lamas verticales las ha iluminado desde el suelo potenciando el efecto de verticalidad.

Tissinier, Jacques (1936-

Tissinier nació en 1936 en Molandier, estudia en la *Escuela de Bellas Artes de Toulouse* donde se Licencia en Historia del Arte, en 1961 estudia en la *Escuela de Artes Decorativas de París* un año más tarde ingresa en la *Escuela Nacional de Bellas Artes de París* en 1963 le es concedido el *Gran Premio de Roma de Pintura* y en 1964 es residente de la *Casa de Velázquez* de Madrid.

Participa en varias bienales y en salones de Mayo de París. Su obra escultórica es más tardía y ejecutándola en poliéster o metal siendo muy conceptual.

Tissinier tiene un conjunto escultórico realizado en hormigón armado al que posteriormente se le aplicó un chorro de arena para hacer sobresalir en la textura el árido interior. El conjunto se compone de tres nidos de ametralladora defensivos y piezas desperdigadas de los mismos a modo de metralla en los alrededores.



Figura IV.348. Tissinier, *Guerriers cathares*, 1982.



Figura IV.349 y 350. Tissinier, *Guerriers cathares*, 1982. Detalle

Uribe Duque, Alberto (1947-

Alberto Uribe Duque es un escultor Colombiano, profesor de Arte, Escultura, Espacio Público de la *Universidad Nacional de Colombia* en Medellín.

Ha realizado exposiciones individuales en Colombia y colectivas en Medellín, Sao Paulo, Hawai, destacando las de Londres, Roma y Bruselas realizadas en 1986.

Sus esculturas generalmente realizadas en metal o madera, son abstracciones geométricas destacando las uniones de poliedros regulares de madera mediante varillas de acero pavonado.



Figura IV.351 y 352. Alberto Uribe Duque, *Porticos* (1983). Detalle de su estado actual.

La escultura Pórticos fue realizada con cemento blanco y óxido de hierro para tomar tonalidad. Con posterioridad ha sido pintada de rosa con la disconformidad del artista.⁶⁵

⁶⁵ AGUDELO, Juan Esteban. (2011). *Arte en espacio público SOS* . [en línea]. Colombia: El Mundo. [Fecha de consulta 16/09/2014].
<http://www.elmundo.com/portal/cultura/cultural/arte_en_espacio_publico_sos.php>

Vaquero Turcios, Joaquín (1933-2010)

Joaquín Vaquero Turcios fue pintor, arquitecto y escultor. Nace en Madrid en 1933, hijo del pintor asturiano Joaquín Vaquero Palacios y de Rosa Turcios, salvadoreña, sobrina carnal de Rubén Darío.

Estudia arquitectura en la Universidad de Roma. Con 22 años y la colaboración de su padre realiza un gran mural en la sala de turbinas de la central hidroeléctrica de Salime donde también realiza en hormigón el mirador de Salime, popularmente llamado *La Ballena*.

Ha sido galardonado con numerosos premios a nivel nacional como internacional como la *Medalla de Oro* del Senado Italiano.

Como escultor una de sus técnicas más utilizadas fue la escultura en hormigón, en la que sus piezas llegaron a su máximo esplendor y representatividad con esculturas de gran volumen y admirable perfección técnica.

Vaquero Turcios tiene tres obras claves en esta técnica; El Mirador en la citada presa, el Monumento al descubrimiento de América en la plaza de Colon de Madrid, y el Monumento a Goya. Mientras que la primera es representativa de la arquitectura de los sesenta, con técnica depurada y tranquila, sus últimas obras son mucho más potentes, con texturas fuertes y muy pronunciadas.



Figura IV.353. Joaquín Vaquero Turcios, *Monumento al descubrimiento de América*, 1977.

Dentro del capítulo VI en anexos de este capítulo se desarrolla más detalladamente la obra de este artista en escultura en hormigón.

Vasarely, Victor (1906-1997)

Vasarely nace en 1906 en Pecs, Hungría. Comienza los estudios en medicina dejándolos a los dos años para ingresar en la *Escuela Muheely de Budapest*, fundada por un antiguo alumno de la *Bauhaus* a la cual seguía en sus principios. En 1930 se traslada a París definitivamente donde comienza trabajando de grafista y consultor gráfico en publicidad. Es en París donde crea la *Zebra* que se considera la primera obra en el *Op Art*.⁶⁶

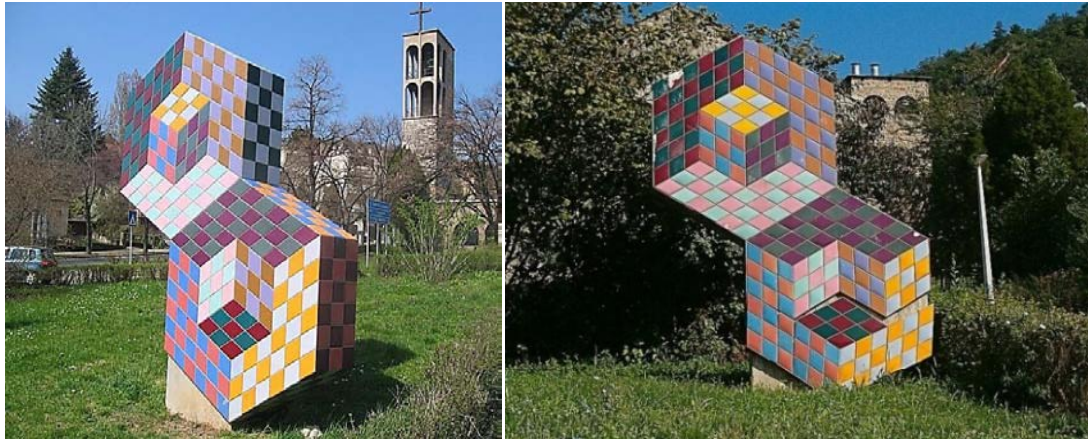


Figura IV.354. Vasarely, *Hexágonos*, 1977 y figura IV.355. Vasarely, *Hexagonos*, 1977. Estado actual de la pieza.

La escultura es plana, pese a que el dibujo generado por los azulejos genere volumen. Está realizada en hormigón armado, recuadrando la imagen formada por la azulejería.

En la escultura realizada por Víctor Vasarely en hormigón armado y azulejo, se aprecia un descuelgue en la parte inferior de los azulejos por desprendimiento de los mismos. Para evitar este descuelgue hubiese sido más correcto haber cercado el perímetro de la imagen formada con el azulejo por una pletina de acero anclada al hormigón que alojase en marco los vértices el azulejo.⁶⁷

⁶⁶Op Art o arte óptico que crea ilusiones ópticas mediante el grafismo.

⁶⁷ Para más información acerca del artista véase VASARELY, Victor, (2011), *Victor Vasarely*. [en línea] París: F Vasarely. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.vasarely.com/site/site.htm>>

Willians, Todd (1939-

Todd Williams es un afro americano nacido en 1939 en Sarannah, Georgia, EEUU, se formó en Bellas Artes en el *New York School of Visual Arts*. Ha sido profesor de *La Escuela de Artes de Brooklyn*, *Universidad de Columbia* y del *Jamaican Arts Center*.

Ha representado internacionalmente a Estados Unidos en exposiciones itinerantes de la Academia de Artes Americana.

Su obra es fundamentalmente pictórica y predomina la abstracción geométrica en colores planos y luminosos.



Figura IV.356. Todd Williams, *Estación 2*, 1968.

Williams es uno de los escultores llamados a realizar una estación dentro del complejo escultórico de la *Ruta de la amistad* para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 celebrados en México para esta ocasión Williams crea *Estación N° 2* en hormigón armado pintado, realizada en 1968.

La forma más práctica de realizar una escultura así en la actualidad, sería mediante la técnica del gunitado, realizándolo sobre una estructura metálica realizada por perfiles estructurales de acero soldado generando los planos con mallazo y posteriormente colocado una manta geotextil indicada para poder ser gunitada. Posteriormente ese hormigón debería ser definida la superficie mediante reglas para dar la textura de terminación y pintado después del fraguado y secado del hormigón.

Youngmann, Robert (1927-

Youngmann es un escultor estadounidense que lleva realizado gran cantidad de esculturas monumentales y relieves escultóricos a lo largo de su país desde 1966. Robert Youngmann fue profesor de la *Escuela de Bellas Artes y Diseño de Illinois*.

Sus piezas son generalmente vaciadas en hormigón a partir de moldes normalmente hechos con la técnica de modelado en negativo sobre poliestireno expandido.



Figura IV.357. Youngmann, *Centennial*, 1976.



Figura IV.358. Youngmann, *Centennial*, 1976.

Para realizar este tipo de esculturas se superponen piezas de poliestireno expandido talladas con hilo de nicron⁶⁸ sobre un encofrado de madera o metálico y para tomar la textura final un chorro de arena quitando la capa exterior de lechada y homogeneizando la textura global de la pieza.



Figura IV.359 y 360. Youngmann, *Purdue Engineering* 1983 .

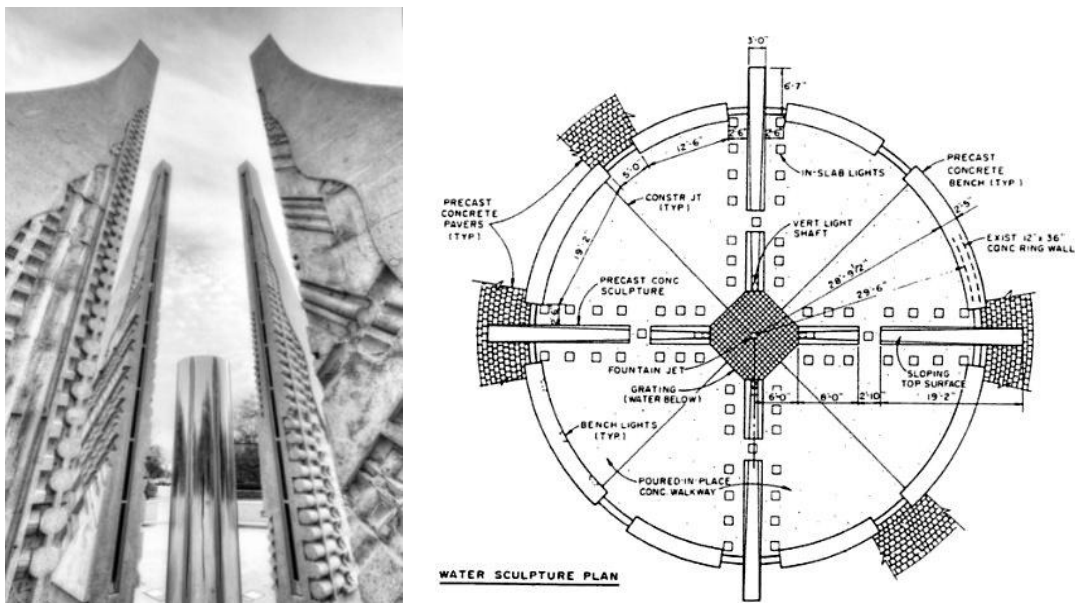


Figura IV.361 y 362. Youngmann, *Purdue Engineering* 1983.

La pieza *Purdue Engineering*⁶⁹ fue ideada para la conmemoración del cincuentenario de la promoción de 1939, y realizada en 1983. Consta de cuatro piezas de láminas que van

⁶⁸Dentro del Capítulo II dentro del apartado II-9.4 *Pieza en volumen tallada en negativo dentro de poliestireno expandido* se desarrolla la técnica de modelado en negativo mediante poliestireno expandido cortado con hilo de nicron.

⁶⁹Información que se puede contrastar en el libro RAVINDRA K, Dhir and Thomas D. Dyer. (1996). *Concrete in the service of t Makind Great*. Londres: E and FN SPON. Páginas 313 a 319.

creciendo en altura hacia un punto central sin llegarse a tocar y dejando en el centro un espacio para alojar un surtidor de agua vertical cuya salida es un cilindro de acero inoxidable.

Las láminas tienen zonas en los que se les ha aplicado un relieve sobre el encofrado para que quede registrado con formas que nos recuerdan a mecanismos. En los cuatro cantos de las láminas que dan al surtidor se han dispuesto unas luminarias de color que inciden en el surtidor de agua cambiando las tonalidades del agua. Alrededor del conjunto en forma de círculo realizó unas piezas también en hormigón que sirven de banco para el disfrute del conjunto.



Figura IV.363 y 364. Youngmann, *Murales para el Banco central de Detroit*, 1970, detalle de la realización de los paneles del Banco Comercial de Detroit por el artista.

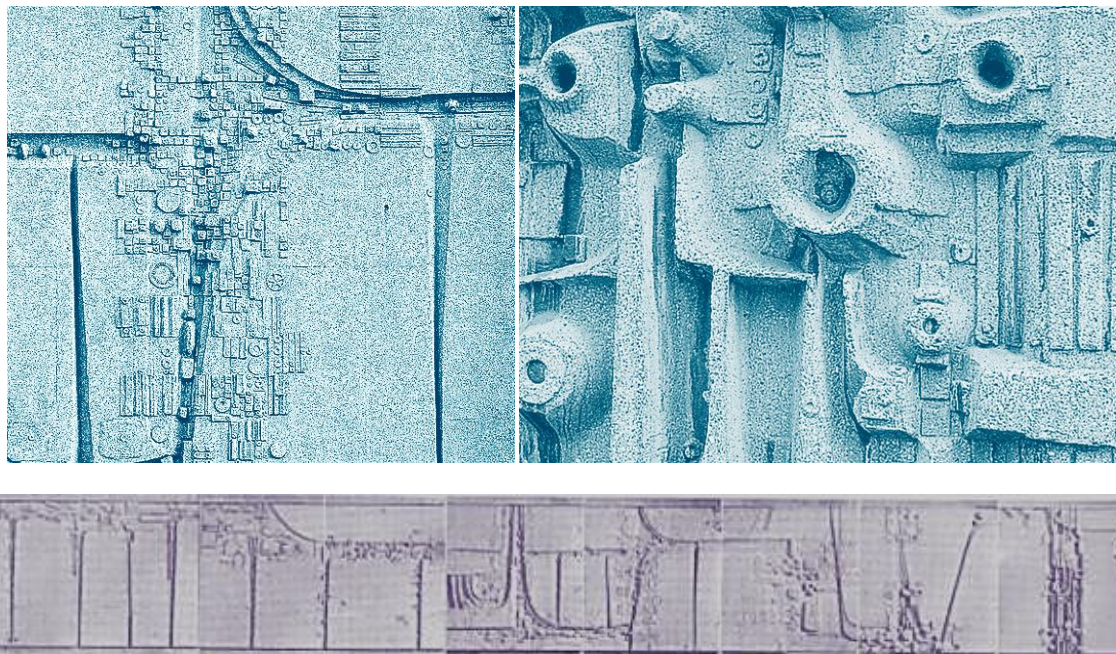


Figura IV.365 a 367. Youngmann, *Murales para el Banco central de Detroit*, 1970.

En las fotografías se aprecia como el artista trabaja sobre una mesa de fábrica de prefabricados horizontal realizando un molde en negativo tallado sobre poliestireno expandido.

Zalduondo, Pablo

Pablo Zalduondo es un escultor malagueño que trabaja en la actualidad esculturas realizadas en hormigón generalmente unido con piezas de acero. En esta escultura el autor lo compagina con acero inoxidable realizando una escultura de hormigón armado.



Figura IV. 368 Pablo Zalduondo. *Esfuerzo*, 1994.

La escultura en sí no presenta patologías aparentes, por la textura exterior fue realizada con un encofrado de listones de madera en su parte frontal. Fueron curvadas dando así un aspecto de gran libro que es abierto por el encuentro con un puntal de acero inoxidable cilíndrico. La escultura está colocada por el Ayuntamiento de Fuengirola, frente al colegio SOHAIL en Avenida Condes de San Isidro, 61. Fue realizada en septiembre de 1994.



Figura IV. 369 y 370. Pablo Zalduondo. *Esfuerzo*, 1994.

Se aprecia una pequeña coquera en la parte superior por un posible cambio de lechada con demasiado tiempo de interrupción. Se han quedado las señales de los tirantes entre encofrados en todo el perímetro y en una línea central. Sólo se hubiese evitado con un encofrado más resistente pero habría incrementado mucho su coste dado el volumen de la pieza.

Esculturas en hormigón de la ex Yugoslavia *Spomenik*

Esculturas erigidas por decisión del ex presidente comunista Josip Broz Tito durante los años 60 y 70 para conmemorar las distintas batallas, campos de concentración nazis y sucesos ocurridos en la ex Yugoslavia durante la Segunda Guerra Mundial. Con la conmemoración y peregrinaje a estos monumentos por parte de estudiantes se intentaba crear una unión nacional. Algunos de ellos están prácticamente destruidos dado que en la mayoría de los nuevos estados existe una política de borrado de historia reciente tras la guerra de los Balcanes, lo que lleva a una infructuosa búsqueda de datos de las mismas. El fotógrafo Jan Kempnaers con ayuda de un plano del año 1975 que los situaba dentro de la Ex República Socialista viajó y los fotografió.⁷⁰



Figura IV.371 y 372. Monumento dedicado a los soldados de la “Separación de Kosmaj Partisan” de la Segunda Guerra Mundial. Kosmaj al sur de Belgrado Croacia, 1971. Probablemente fue JordanyIskra Grabul su creador.

En este monumento realizado en 1971 se aprecia la retícula del encofrado a base de listones dispuestos en tableros dada la repetición del módulo lo normal es haber reutilizado el encofrado en cada una de las cinco piezas iguales de las que consta el monumento.



Figura IV.373. *Tres puños*, Nis, Servia.

⁷⁰Para más información acerca de estos conjuntos escultóricos véase KEMPENAERS, Jan. (2010). *Spomenik the end of the History*, Roma: Roma Publications.

Tres puños hacia el cielo que desafián al enemigo de hombres, mujeres y niños, para conmemorar a los más de 12.000 ciudadanos que fueron asesinados por las tropas alemanas en la Segunda Guerra Mundial en Nis, Serbia.

Se aprecian relieves en la textura superficial de los distintos planos, realizados al superponer piezas de tablas dentro del encofrado general.



Figura IV.374 y 375. *Monumento a los Zapadores*, Mitrovica, Kosovo Serbia 1973.



Figura IV.376 y 377. Desconocido y Bogdan Bogdanović, *Spomenik IlirKa Bistrica Jasenovac*, 1966.



Figura IV.379 y 3890. Desconocido y *Spomenik KninNikSic* 1974 autoría desconocida.

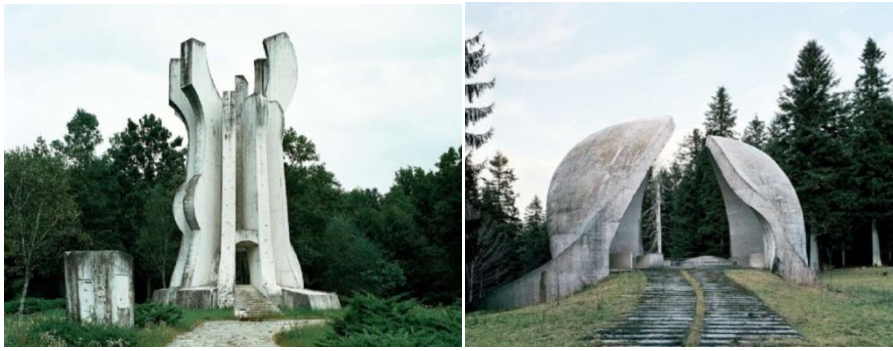


Figura IV.381 y 382. Desconocido y *Spomenik SisakGrmec*

Existen más monumentos pero están en un estado de gran deterioro, semidestruidos o bien no son del material que nos compete en esta tesis. Todos ellos realizados en hormigón generalmente blanco y mediante encofrados de madera.

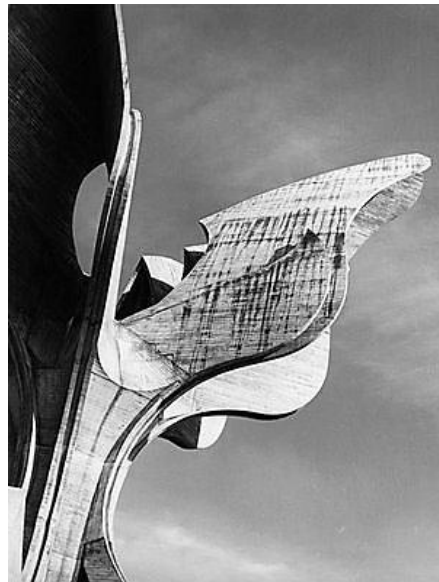


Figura IV.383. Detalle de la obra de Bogdan Bogdanović, 1966, en Jasenovac.



Figura IV.384. Autoría desconocida. *Spomenik Niksic*, 1974, Detalle de vista general del monumento de NikSic, en memoria de ciudadanos fusilados por italianos en la Segunda Guerra Mundial, 1974.

Capítulo V

Patología y restauración de esculturas realizadas en hormigón

Capítulo V Patología y restauración de esculturas realizadas en hormigón

El hormigón, como cualquier otro material escultórico, puede presentar patologías. Estas pueden ser exógenas como por ejemplo las producidas por agentes atmosféricos, accidentes, etc. Pero también pueden ser endógenas por una mala fabricación del mismo o de dosificación de sus componentes. En este capítulo se estudian las posibles patologías que pueden existir en la realización de esculturas en esta técnica y las soluciones que se deben tomar si proceden.

Cuando se examina una pieza de hormigón dañada se le trata como a un paciente que va al médico, se ven los síntomas que padece, se estudia la pieza con ojo clínico y se comprueba si tiene hinchazones, grietas, fisuras, cambios de coloración, desconchamiento, pérdidas de firmeza o disgregaciones. Se realizan, si proceden, distintas pruebas de carga ultrasónicas, esclerómetro o análisis químicos. Tras estas pruebas se da un diagnóstico, un pronóstico, pudiendo requerir amputaciones, demoliciones parciales o incluso la muerte de la pieza, o bien optimista con su consiguiente reparación, cicatrización, restauración, refuerzo o reparación.

V -1 Daños por acciones físicas

Acciones de hielo deshielo. Las esculturas de hormigón en climas adversos soportan ciclos de lluvias periódicas que en determinadas ocasiones con bajas temperaturas pueden llevar a la congelación de estas aguas precipitadas. El agua que anteriormente se ha filtrado por los poros y microporos que existen en la superficie de la pieza al congelarse aumenta un 9% su volumen y si dentro de los poros no hay hueco suficiente para expandirse ejercen una fuerza entre ellos que la suma de esas dilataciones de los distintos poros es superior a la resistencia del material y llegan a producirse fisuras o desconches.

Un ejemplo de gelivación en el hormigón lo podemos apreciar en las -Figuras V-1 y 2- Las fotografías están tomadas a una altitud de 2000 metros donde el clima de montaña es extremo. Las temperaturas pueden ir desde 40° C en verano a -25° C en invierno la superficie en contacto con el hielo se ha desconchado dejando a la vista los áridos de mayor tamaño.

Para evitar de alguna manera este tipo de acciones se pueden fabricar morteros con baja relación cemento/agua formándose cementos más fuertes contra la lixiviación¹ y gelivación².

Si se utilizan aditivos aireantes estos forman microburbujas que cortan los canales de capilaridad evitando el paso de agua al interior del material.

¹ La *lixiviación* es la separación de una sustancia soluble de otra insoluble por medio del agua, si se produce en el hormigón se areniza, desligándose los conglomerantes de los aglomerantes. “Lixiviar. Tratar una sustancia compleja por el disolvente adecuado para obtener la parte soluble de ella”. ANTUÑA, Joaquín. (2009). *Léxico de la construcción*. Madrid: Ed Instituto Eduardo Torroja de la construcción y el Cemento. Ministerio de Fomento. Página 294.

² *Gelivación* es un proceso de erosión meteorológica, al introducirse agua en un hormigón a través de los poros y posteriormente producirse una bajada de las temperaturas produciendo la congelación de esa agua introducida, se cristaliza y expande ejerciendo fuerza en el interior de los poros, pudiendo llegar a fisurar o desconchar la pieza.



Figura V-1 y 2 Detalles de la acción del hielo en un hormigón no preparado para ello.

Acciones del agua a gran velocidad. Un ejemplo de esta acción es la del agua de una fuente que choca contra una escultura. El choque del agua a presión a una escultura la perjudica de dos maneras. La primera es la cavitación si el agua lleva burbujas en suspensión al chocar contra la superficie de la pieza se disgrega produciendo pequeñas implosiones de succión esto repetido sucesivamente hace junto con los sucesivos choques con presión del agua la mezcla se disgregue y posteriormente el árido por falta de fijación.

Como segunda manera es que no solo el agua con su choque disgrega, también los materiales que ella aporta en suspensión que viene siendo la más importante de las dos.

Para mejorar la resistencia del hormigón frente a este tipo de agresión las esculturas deberán estar hechas con hormigones de altas resistencias. Para evitar la cavitación es mejor utilizar hormigones con árido fino, mientras que para evitar el daño de aguas con materiales en suspensión es mejor realizar hormigones con áridos resistentes de gran porte.

Piezas sometidas a la abrasión por sólidos. Un ejemplo claro de este tipo de acción es el de esculturas sometidas a toque de las personas en exceso e incluso el pisado de las mismas.

Para este tipo de acciones lo mejor es realizar un hormigón de alta resistencia, incluso si el árido que utilizamos en su fabricación es más resistente de lo normal, mejor. Como ejemplo puede ser corindón o con bauxita. Existen morteros con fibras metálicas que también son buena solución al problema.

Un mejor comportamiento para la abrasión es el de piezas con acabados pulidos presentando mejor resistencia a la abrasión que en piezas rugosas.

Acciones de tipo químico. Para este tipo de acción es importantísimo saber si existe agua por medio o no. La no existencia de agua o vapor en esta acción es clave dado que por este medio se transportan al interior de la pieza los agentes químicos provocando su ataque sobre el mismo. Existen gran cantidad de agentes químicos agresivos al hormigón: ácidos, grasas, combustibles... También el agente puede venir desde dentro es decir a si el árido utilizado tiene sulfuros con posibilidad de oxidarse.

De todos estos los más perjudiciales son los sulfatos que, ayudados del agua, reaccionan con el aluminato tricálcico produciendo el sulfato, sulfoaluminato tricálcico, también llamado el bacilo del cemento, formando cristales que en su expansión dan la rotura del conglomerante y aparece la disgregación del material.

La aparición de esta sustancia puede ser por estar en suspensión en el aire en un ambiente agresivo normalmente industrial, o que aparezca en el terreno, lo que habitualmente se denominan terrenos yesíferos, se deberá tener la precaución de aislarlo del mismo. Para tomar en contacto con ellos fácilmente se puede resolver con una lámina bituminosa entre ellos. Si la acción es atmosférica o no se puede evitar el contacto con el agresor deberemos utilizar un cemento resistente a los sulfatos. Estos cementos proceden de cementos siderúrgicos con un nivel de escorias del 65%, los cementos puzolánicos son también buenos resistentes a este tipo de agresión.

Agua de Mar. El agua de mar posee sulfatos clásicos, magnesio y sodio, entre otras sustancias. La agresión de sometida al hormigón es la misma que los sulfatos descritos anteriormente y dependiendo de la colocación de la pieza atacan de una manera u otra.

- 1.- La pieza totalmente sumergida (acción química únicamente)
- 2.- Superficie que oscila el nivel del agua (se le ataca con la acción atmosférica y la química)
- 3.- La superficie que le llega el agua en forma de vapor o por capilaridad (sufrir las cristalizaciones de las sales añadidas a las atmosféricas).

Para este tipo de daños existen cementos resistentes al agua marina.

Aguas Puras. Se entiende como aguas puras aquellas procedentes del deshielo con muy pocas sales disueltas que discurren a través de rocas poco solubles como ejemplo las plutónicas como granitos. Estas aguas producen un efecto llamado lixiviación que consiste en un lavado continuo que hace diluir el aglomerante llevándose el calcio. Afortunadamente existe un proceso de carbonatación provocado por el CO₂ del aire que forma una película protectora retardando este proceso.

Acciones accidentales. Este tipo de acciones se deberían prever en todo momento y son ocasionadas por fallo humano como: caídas, empujes, accidentes de tráfico, etc.

Este tipo de situaciones deben ser consideradas antes de suceder, poner parapetos para que no se acceda a ellas o colocación totalmente estable de las mismas. Si el hecho está ya realizado solo queda, en el caso de que se pueda, recuperar y realizar la restauración como aquí se indica, si es viable.

Resto de agresiones químicas. Existen multitud de agentes agresivos químicos como aniones, cationes, ácidos, grasas...³ Un hormigón de por sí es bastante resistente a las agresiones

³ Para ampliar información sobre este tema véase KÖLZOW. (1973). *Protección química de la construcción*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

químicas, más aún si está bien ejecutado. Es altamente improbable que encontremos una escultura de este material sumergida en ácido o en magnesio, Se deja una referencia para si se necesita alguna situación especial con el libro de Kölzow, *Protección química de la construcción*.

V -2 Fisuras

Las fisuras son pequeñas roturas que sufre el hormigón cuando existen en él tensiones internas superiores a su resistencia.

Las fisuras forman parte del hormigón. Es muy extraño que no existan fisuras en una gran pieza. Normalmente son poco apreciables. Llamadas micro fisuras. Saber porqué son producidas y la gravedad de las mismas se adquiere por la experiencia del técnico.

Las fisuras pueden aparecer desde el momento del endurecimiento del hormigón a muchos años después de la realización de la pieza. Saber cuándo han aparecido es un dato fundamental para conocer la patogenia de las mismas.

Otros factores que influyen en las fisuras a parte de su edad son su dirección, ancho, profundidad, etc. Las fisuras aparecen progresivamente no se aprecian normalmente superficialmente. Al principio son micro fisuras que conforme a la acción crecen hasta hacerse visibles en la superficie. La fisura pasa a llamarse grieta si recorre todo el paño de la escultura y es grave pues hace factible que sea inminente el colapso.

Tipos de fisura. Podemos distinguir dos tipos de fisura dependiendo de su causa: unas primeras, las derivadas por la ejecución del mismo, otras posteriores a la ejecución.

1.- Fisuras dependientes de la ejecución o factores externos en la misma.

Las fisuras pueden aparecer por problemas atmosféricos durante la ejecución de la pieza como excesivo viento tanto frío como caluroso que seca la parte que aflora del hormigón como el encofrado provocando fisuras en toda la superficie de la pieza. Estas fisuras suelen ser serpenteantes y sin una dirección específica, totalmente aleatorias. Es posible que aparezcan concentradas en nidos en cuyo caso es de procedencia similar y se le llama ahogado.



Figura V-3, 4 y 5. Detalles y esquema de cómo son las fisuras de ahogados en malla



Figura V-6 y 7. Detalle de fisuras por retracción en superficie aleatorias.

En ambos casos se protegerá la pieza con plásticos para evitar su desecación superficial. En el caso de viento seco no está de más regar todo el encofrado y proteger todo con telas húmedas y posteriormente con plástico para evitar la evaporación.

En tiempo caluroso también pueden aparecer fisuras superficiales por desecación por lo que procederemos igual que con viento seco. Y si la pieza es grande, deberemos regarla dos o tres veces al día durante el periodo de encofrado y una semana posterior al desencofrado. En el caso del ahogado aparece con relaciones de cemento y agua desproporcionadas tanto por exceso de agua como por exceso de cemento.

Para evitar fisuras por un exceso de agua en la dosificación utilizaremos hormigones con aditivos fluidificantes que aumentan la fluidez del mismo rebajando la cantidad de agua a añadir. Una mezcla con demasiado cemento no es buena pues requiere más agua y conlleva a los mismos problemas que antes se han enunciado. La mezcla óptima es tres de árido por una de cemento como se ha comentado anteriormente en el Capítulo II dentro del apartado II-6.2 Dosificación.

Con temperaturas bajo cero deberemos cubrir con mantas la escultura y utilizar aditivos para soportar esa inclemencia.

En cementos con exceso de silicato tricálcico, las reacciones en las cristalizaciones y endurecimiento son más exotérmicas de lo normal. Con un aumento descontrolado del mismo puede producirse una evaporación excesiva y aparición de fisuras por falta de agua. En estos casos debemos observar bien antes la composición del cemento y la temperatura en el fraguado y endurecimiento, enfriando si es posible la pieza. La manera más habitual y económica es regándola o bien eligiendo otro tipo de cemento si hay posibilidad.

2.- Fisuras de asentamiento plástico.

Son aquellas que aparecen en dirección al armado y son debidas a que en el proceso de curado se producen unos asentamientos del hormigón hacia el interior de la pieza y el agua fluye

a la superficie. Si en la pieza existe un armado cerca de la superficie que impida ese desplazamiento, aparecen este tipo de fisuras.

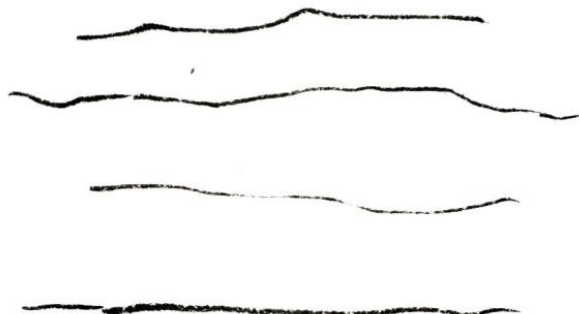


Figura V-8 Detalle de fisuras por retracción u asentamiento plástico sobre armaduras.



Figura V-9 y 10. Detalle de sección de pieza con asentamiento plástico sobre armadura y fotografía de unas fisuras producidas por asentamiento plástico.

Factores de fisuración posteriores al fraguado y endurecimiento. Los ciclos de lluvia y exposiciones prolongadas al sol pueden también generar fisuras por tracción por la rapidez de las dilataciones-contracciones. También las bajas temperaturas con ciclos de hielo y deshielo hacen que el agua penetre por poros, si al cristalizar en el helado superan la capacidad del hormigón, comienzan con pequeñas fisuras y el descascarillado.

Esta permeabilidad en el hormigón facilita dos patologías:

- *Corrosión de Armaduras:* las armaduras al oxidarse se ensanchan generando fisuras a lo largo de la pieza en dirección de las mismas. Una vez abierta la fisura, la velocidad de degradación aumenta considerablemente. Esta corrosión aparece cuando las piezas se encuentran en ambiente industrial o marino.
- *Ataque de sulfatos* puede ser debido a que la pieza se instalase sobre terrenos yesíferos. La solución es el aislamiento de la escultura mediante membrana en su punto de contacto o la utilización de cemento con resistencia a los mismos.

En todos estos casos el remedio es mucho peor que la prevención dado que cualquier restauración siempre deja huella, mientras que la elección de una buena dosificación y elección de los áridos y el tipo de cemento a utilizar para la misma puede ser la clave del futuro de la escultura. Es muy recomendable dejarse aconsejar por los técnicos de la zona para que nos asesoren de los posibles riesgos que puede tener la escultura y qué tipo de cemento y dosificación utilizar. En el caso de la corrosión, un buen recubrimiento por parte del hormigón al armado favorece la resistencia a que el agente corrosivo pueda acceder a las armaduras.

- *Por entumecimiento en hormigones sumergidos en agua* debida a la excesiva hinchazón de los geles en su curado y retracción en el secado. La falta de humedad tanto en el árido como en los encofrados puede provocar fisuras en el contacto de la masa con estos. En el caso de los áridos más aún si son de un tamaño considerable. **Fisuras debidas a acciones mecánicas o esfuerzos que recibe el hormigón.** Son aquellas fisuras que aparecen en las esculturas tras recibir un esfuerzo. Estos esfuerzos pueden ser a compresión, tracción, cortante, flexión o torsión.

Lo más importante en este tipo de fisuras es la dirección que llevan con respecto a la pieza y el esfuerzo que reciben. Teniendo claras estas dos variables es fácil el diagnóstico de las mismas.

- Las fisuras de aquellas piezas o partes de la misma sometidas a un esfuerzo a **compresión** aparecen en el mismo sentido del esfuerzo paralelo a él. Lo peor de éstas es que aparecen siempre antes del colapso de la misma siendo así las más peligrosas teniendo que descargar inmediatamente ese esfuerzo de la pieza y comenzar su restauración.

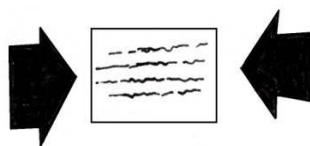


Figura V-11 Detalle de fisura por un esfuerzo a compresión.

- Cuando el esfuerzo es a **tracción** la fisura siempre aparece en dirección a la normal del esfuerzo. Como es bien sabido, el hormigón trabaja muy bien a compresión pero mal a tracción. Estas fisuras son muy graves si pasan a ser grietas y más aún si la pieza está desprovista de armado interior.

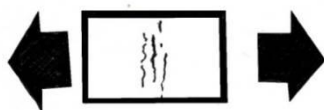


Figura V-12 Detalle de fisuras por un esfuerzo a tracción.

- Fisuras por esfuerzos a **flexión** son dadas a los esfuerzos por tracción que aparecen en las secciones de las piezas donde los momentos flectores superan el agotamiento del material. Son menos peligrosas pues avisan con más tiempo que las anteriores.

Las fisuras que aparecen son de distinto calibre dependiendo de la influencia del momento con respecto a la sección de la pieza.

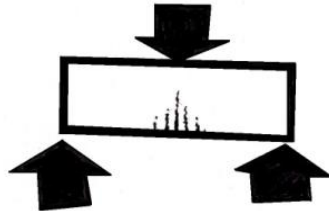


Figura V-13 Detalle de pieza sometida a esfuerzo por flexión.

- Fisuras aparecidas por esfuerzo **cortante** aparecen a 45° de la dirección de los esfuerzos o uniendo los puntos de esfuerzo. Debido a que el material se comporta mejor a compresión y en este aparece compresión y tracción, la rotura siempre es por la tracción.

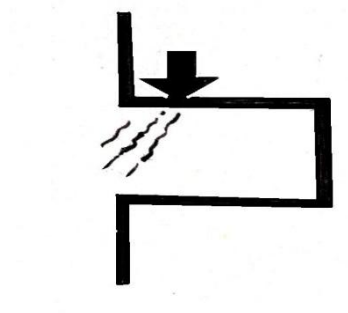


Figura V-14 Detalle de fisuras producidas por un esfuerzo cortante.

- Por último fisuras por **torsión** son aquellas que aparecen en esculturas que están sometidas a un retorcimiento de las mismas. Las fisuras aparecen rodeando la figura y con una tendencia a llevar un ángulo de unos 45°.

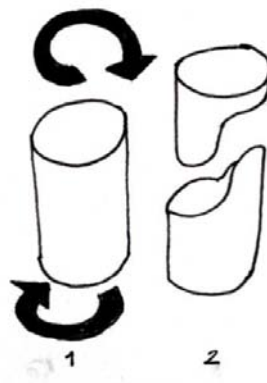


Figura V-15 Detalle de rotura de una pieza sometida a un esfuerzo de torsión.

Las consideraciones que debemos tomar cuando aparecen fisuras de este tipo son las siguientes:

- Primero, su **espesor**, que se mide mediante lupas calibradas o con ayuda de galgas.



Figura V-16 Lupa asférica de medición.

- Ver si son sólo **superficiales** y no profundizan en su interior asegurándonos que no llegan al armado. Para poder analizar estas profundidades se utilizan aparatos de ultrasonido que hacen mediciones de estas dimensiones.

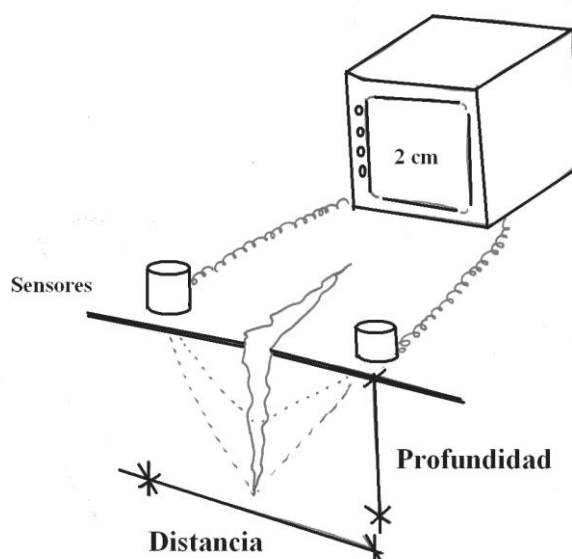


Figura V-17 Esquema de funcionamiento de comprobación de profundidad de fisuras mediante ultrasonidos.

- Fijarnos en las **orientaciones** de los posibles esfuerzos que pueden tener las esculturas y las direcciones tomadas por las fisuras y controlar el número de fisuras existentes. Un

factor clave es saber cómo ha sido armada la pieza para poder saber cómo se está comportando frente a los esfuerzos que recibe.

- Para analizar los síntomas de las grietas es fundamental estudiar su **evolución**, si aumentan en número, longitud o ancho. Como seguimiento deberemos marcarlas, enumerarlas, señalar hasta dónde llegan y medirlas tanto en su longitud como en su grosor. Como testigos de los cambios se pueden realizar chivatos de escayola. Se dispone un rectángulo de escayola fresca encima de la grieta y se escribe sobre ella la fecha de la realización de la misma, transcurridos unos días podremos comprobar el desarrollo de la misma. Confirmaremos si continúa abriéndose ya que el tarjetón de escayola colocado al ser muy sensible se partirá al menor movimiento. Si queremos estudiar una evolución periódica la haremos a intervalos regulares en la misma hora de solución y condiciones atmosféricas semejantes.

V- 3 Daños producidos en la realización de las esculturas de hormigón

Existen dos motivos claros para que aparezcan daños de este tipo en las esculturas; uno es que los materiales con los que se realiza no sean de la calidad necesaria suficiente y el otro que el proceso no se realice correctamente.

V-3.1 Daños provenientes por los materiales

- El **cemento**, material clave. Si utilizamos un cemento *Portland* normalizado no tenemos por qué tener ningún tipo de problema salvo que utilicemos algún tipo de material en la mezcla que pueda reaccionar con él. Si utilizamos áridos inertes no hay ningún problema. Solo puede existir si empleamos algún tipo de agua especial como puede ser aguas de desalinizadoras especialmente duras para el cemento o aguas puras. Como ya se ha comentado antes, la ideal sería el agua destinada a consumo humano.

Cuando se utilizan cementos aluminosos, cuya resistencia es superior a los convencionales y alcanzan resistencias mucho antes que los *Portland*, existe riesgo poco frecuente de que la escultura en un futuro padezca de aluminosis, por la cual una vez fraguado y alcanzadas las resistencias, al cabo de los años se produce una reacción interna cambiándose los cristales de forma hexagonal a cúbica perdiendo la consistencia de la masa. Estas reacciones aparecen con más facilidad si el fraguado se produce a las temperaturas superiores a 25° y humedad relativa alta.

- **Agua.** Deberemos utilizar aguas potables, ya que los parámetros de aguas para consumo humano tanto de partículas en suspensión como de pH son suficientes como para poder ser utilizadas para la realización de hormigones. El agua con materias orgánicas no es adecuada para la mezcla, pudiendo incluso impedir el fraguado de la misma.

- **Áridos.** Para evitar patologías derivadas por una mala elección de áridos deberemos utilizar áridos cuya dureza sea superior a la del hormigón una vez fraguado que no provengan de rocas en descomposición ni con restos orgánicos. Tampoco deben de reaccionar en su composición con los componentes del cemento como algunos de naturaleza silícea, ni que lleven sustancias solubles en el agua como azúcares o sales que modifican sustancialmente las propiedades físicas del conglomerado.

- **Aditivos.** En teoría un aditivo no debe generar una patología. Si tiene un efecto secundario que nos pudiese dañar la pieza, la regla es simple: no utilizarlo o sustituirlo por otro que sí cumpla nuestros requisitos.

Al igual que en las medicinas leemos los prospectos que traen en ellas, así debemos hacer con los de los aditivos, dado que si se utilizan más de uno puede que interrelacionen entre ellos y mermen así las propiedades del hormigón.

- **Armado de acero.** Si es el caso y la escultura esta armada en su interior para hacerla resistente a alguna carga o su misma sustentación deberemos tener en cuenta que el armado antes del vertido debe estar colocado dentro del molde y comprobar que no se mueve dentro de él, ni que toca directamente en el mismo. Observaremos que su colocación permite entrar hormigón por toda la pieza y permite ser vibrado en el momento del vertido.

El armado debe estar limpio de óxido, no debe ser escamable y no debe tener restos de grasa o pintura.

V-3.2 Daños producidos por una mala ejecución del hormigón

Siempre que realizamos una masa de hormigón y no tenemos suficiente para rellenar el molde de la pieza, teniendo que realizar más masa para terminarla y durante este espacio de tiempo fragua el hormigón ya vertido, decimos que existe entre la capa de hormigón vertida y la otra, una junta de hormigonado. Es muy fácil que entre una y otra, las masas no sean exactamente iguales por variación de sus ingredientes, por lo que debemos estar muy atentos en las dosificaciones para que esta junta de hormigonado no quede patente posteriormente dando apariciones de posibles coqueras o cambios de tonalidad. Para evitar estos defectos y que el hormigón quede más uniforme, limpiaremos y humedeceremos previamente al vertido de la masa la superficie de contacto y una vez vertido, vibraremos para sacar las posibles burbujas. En la medida de lo posible debemos evitar realizar juntas de hormigonado para disminuir posibles imperfecciones procurando hormigonar todo a la vez y entre vertidos de masa realizar un vibrado que una los últimos vertidos. Si esto no es posible y endurece entre vertidos habrá que dejar esperas metálicas clavadas para hacer uniones más sólidas.



Figura V-18 Daños producidos aparentemente por la no ligazón de lechadas en la réplica de la escultura “ El pueblo español tiene un camino que conduce a una estrella” Alberto Sánchez Pérez (1895-1962), Museo Reina Sofía de Madrid, Se aprecia también una intervención para su restauración que no ha ligado y se ha producido desconche.

V-3.3 Daños producidos por una mala ejecución de los encofrados

Los daños producidos por los encofrados pueden ser de muy diversa índole, un encofrado que no tenga la suficiente resistencia para aguantar la masa del hormigón puede, desde arruinar el vertido de la colada y con ello la pieza, a provocar alteraciones del volumen de la escultura con abombamientos de la misma. Para que esto no suceda se pueden hacer pruebas de carga anteriores al vertido llenándose de arena o agua si es posible. Al llenar de agua podremos ver si las posibles fugas que aparezcan pueden llevar consigo una posible pérdida de lechada en el posterior vertido produciéndose un lavado de materiales dejando a la vista los áridos de mayor volumen en su posterior desmolde.



Figura V-19 Ejemplo de una mala ejecución de un encofrado con solapes de piezas de enganches e incrustaciones del encofrado.

Si el molde no lleva su correspondiente desmoldeante, a la hora de desencofrar ese molde puede quedar enganchado a la escultura con su consiguiente desconche, bien quedándose adherido parte del encofrado a la escultura o bien una pérdida de material de la misma.

Para evitar distintas tonalidades en la pieza deberemos impregnar todo el encofrado por igual evitando encharcamientos tanto de agua como de desmoldeante.

Hay que estar muy atentos en la colocación del encofrado para evitar posibles escalones o resaltes entre las dos piezas del encofrado con un mal remiendo posterior y más aún si la pieza en ese lugar es lisa.

Una vez vertido el hormigón hay que proporcionar un clima idóneo para que el fraguado y endurecimiento de la pieza sea el idóneo.



Figura V-20 Ejemplo de mala ejecución de un encofrado. En la foto se advierte cómo una tabla ha quedado enganchada y no ha podido ser retirada.

Proporcionaremos la humedad y temperatura suficiente para que estas relaciones se consoliden perfectamente evitando sequedades y bajas temperaturas.

Posteriormente, para un buen desmoldeo, es fundamental un buen molde. Es decir, habiendo previsto un buen molde con buenas salidas y bien impregnado de desmoldeante no tienen porqué existir problemas de encaje de piezas. Si es a molde perdido es fundamental una buena imprimación de desmoldeante y no es muy recomendable tinter la primera capa de añil para saber que te estás acercando al definitivo dado que es muy probable que quede registrado en él pigmentaciones azules.

Dependiendo de la temperatura ambiente podremos desencofrar antes o no. Con una temperatura ambiente de unos 20 grados y un cemento *Portland* normal, se podría desencofrar a las dos semanas y si la temperaturas son bajas lo retrasaremos unos días más.

V-4 Daños accidentales

Este tipo de daños deberemos ver antes de la realización de la escultura si son previsibles o no. Es decir si por ejemplo una escultura va a ser instalada en una rotonda, existe la posibilidad de ser impactada por un coche. Impactos así pueden destrozar totalmente una escultura por lo que deberíamos tomar precauciones con respecto a los mismos. En este caso, parapetarla.

En el caso de impactos, no todos pueden ser tan violentos. Pueden ser de otro tipo menor pero si se sabe que se pueden producir deberemos tomar las medidas necesarias de protección contra los mismos. Un ejemplo puede ser el choque de olas al mismo. La reiterada repetición arruina cualquier cosa pero si no es constante podremos usar un cemento resistente al aguamarina y con una resistencia o dureza lo más alta posible.

V-5 Ensayos del hormigón.

Existen infinidad de ensayos para saber y calibrar la calidad de un hormigón, uno por cada una de sus propiedades físicas. De estos ensayos solo citaré los más habituales en un proceso de realización del hormigón.

Estos ensayos se pueden realizar antes de su fraguado tomando muestras del vertido en el momento de la realización de la obra o posteriormente al endurecimiento.

En el uso del hormigón en grandes proporciones es tónica habitual que durante la realización del vertido se extraigan probetas cilíndricas de tamaños estandarizados de ensayos para saber cómo se trae el material de la fábrica y prevenir posibles percances. Estas probetas son enviadas al laboratorio donde son analizadas y nos informan de la calidad del hormigón. Normalmente estas pruebas nos son remitidas al mes de la realización de las mismas, por consiguiente el resultado se conoce una vez realizado. Las pruebas, por tanto no, son válidas realmente si el problema es grave y se hace necesario demoler la pieza por riesgo de desplome. Una vez fraguadas las probetas, el hormigón de las mismas es gemelo al de nuestra escultura y se podrá someter al abanico de pruebas que queramos realizar como resistencia a compresión, tracción, análisis químico...

Ya realizada la obra y en el caso de que existan dudas sobre el hormigón de la misma se podrá extraer una muestra en forma de probeta de la misma para ser analizado.



Figura V-21 Ejemplo de máquina extractora de testigos de hormigón con ventosa.

Extraeremos el testigo de hormigón de una zona que sepamos que no hay barras de acero para lo cual el laboratorio que lo realice deberá previamente analizar un estudio con un detector electromagnético de armaduras. Una vez obtenidos los testigos se realizarán las pruebas de resistencia que solicitemos y químicas, si es el caso, para poder proceder.

Terminada la extracción de testigos deberemos tapar los huecos realizados, para lo cual lo sellaremos con un mortero semejante al utilizado con un cemento de baja retracción evitando así otras posibles fisuras.

Existen aparatos como los esclerómetros que nos indican la resistencia de un material mediante un ensayo no invasivo. De esta manera podremos ver qué resistencia tiene de una manera rápida y por toda la superficie de la pieza.



Figura V-22 Esclerómetro tomando pruebas de una superficie de hormigón.

V-6 Restauración de esculturas de Hormigón

Estudio previo de la pieza. Antes de nada debemos saber la edad de la pieza a tratar si es un hormigón nuevo o viejo porque la diferencia estriba en que el hormigón viejo tiene una dureza superior e interiormente está completamente seco, mientras que en el hormigón nuevo normalmente su resistencia es menor y su humedad es mayor y eso supone un inconveniente para una reparación con un componente *epoxi*.

También veremos el tipo de pieza que vamos a tratar, es decir, si la pieza tiene una policromía realizada con anilinas y no debe ser tocada por agua ni sustancia química agresiva o bien la técnica de realización ha sido mixta y el material va parejo al hormigón y no permite un determinado procedimiento para ser saneado.

Una vez conocida la edad y demás aspectos de la pieza deberemos sanear la zona afectada para más tarde tratarla adecuadamente.

Saneado de la superficie. La superficie la podemos tratar de diferentes maneras por medios mecánicos y químicos y habrá que sanear hasta encontrar una superficie sana y no deteriorada.

Como procedimientos mecánicos podemos limpiar las superficies afectadas con chorros de agua normales. Con este procedimiento la humedad adquirida por la pieza desaparece rápidamente

dado que solo queda a nivel muy superficial favoreciendo así una reparación epóxica. Los chorros de alta presión a partir de las cuarenta atmósferas limpian mejor y más rápido dejando más húmeda la pieza y favoreciendo así una unión con morteros de cemento.

También existen máquinas de chorro de agua a muy alta presión que pueden incorporar árido para potenciar su acción, pudiendo llegar a cortar el material. Este tipo de maquinaria es costosa y se utiliza solo en situaciones muy puntuales, como fue el grabado del hormigón que se realizó en las esculturas de Picasso ubicadas en el Norte de Europa.



Figura V-23 Carl Nesjar con el traje de protección para chorro de arena en la ejecución de “Cabeza de Mujer” escultura de Pablo Picasso./1965.

Otro método más casero, pero no por ello menos eficaz, es utilizar las limpiadoras a vapor caseras que además retiran la posible grasa que pueda existir.

Si la limpieza la queremos realizar sin agua la podemos realizar con aire a presión. Y si necesitamos más potencia, utilizaremos un chorro de arena. Para ello se emplea un compresor de aire con una boquilla especial que mezcla el aire con arena de sílice proyectándola a gran velocidad. Este procedimiento es muy eficaz pero tiene el inconveniente de la cantidad de polvo que genera.



Figura V-24 Pistola de chorro de arena para compresor

Sin utilizar aire ni agua tan solo por percusión o abrasión podremos utilizar medios neumáticos con puntas como las de talla o bien con radial con el disco apropiado. Estas técnicas son muy invasivas y pueden retirar más masa de la necesaria.

En los procedimientos químicos el componente más habitual utilizado en el saneado del hormigón es el ácido clorhídrico, que se usa para quitar la capa de lechada. Su aplicación se realiza con pulverizador sobre la superficie exenta de grasas y para que haga efecto se deja reaccionar unos cuatro minutos limpiando a continuación la zona tratada con agua, a poder ser a presión y con un cepillo de cerda fuerte y de manera enérgica para retirar todo el ácido y no interfiera en la aplicación posterior. Es un tipo de limpieza que no debe realizarse si existen armaduras que afloren en la zona de acción.

Si en la rotura ha aparecido la armadura metálica deberemos limpiarla de cualquier tipo de oxidación, para lo cual se realizará una limpieza mecánica con un cepillo de cerdas de metal o cualquier maquinaria de rotación con cabezal metálico.

Habiendo sido saneada la pieza en la parte a tratar, se puede realizar un ensayo de arrancamiento. Esto supone separar una pequeña porción de la materia sobre la que vamos a realizar la restauración. Se deja insertado en ella un anclaje, una vez seca la solución, se somete a una prueba de tracción, mediante un gato hidráulico. Si el ensayo nos da superior a 1.5N/mm^2 podremos decir que la materia con la que se va a restaurar es idónea.

La Reparación. La reparación dependerá de la patología que tenga la pieza, si es una rotura o se ha perdido materia. No debemos olvidar que el remiendo siempre va a ser perceptible y a veces más notable que el propio daño.



Figura V-25 Implante Rechazado en escultura de Chillida *Lugar de encuentros* en la Fundación Juan March.

Es fundamental saber el motivo de la patología para dar con el material adecuado para su reparación ya que siempre que sea posible utilizaremos el mismo material con el que se realizó la escultura. El ideal es tener el mismo molde con el que se realizó pero para este tipo de piezas no se suele conservar y más aún si son grandes encofrados o bien son a molde perdido.

Al no tener molde lo ideal es fabricar uno. Si el original es de encofrados de madera se realizará uno imitando en la medida de lo posible la dirección de la beta y el tipo de madera y escuadría.

Un ejemplo de ello, en la figura V-25, se aprecia cómo aflora la estructura. Por el bajo grado de oxidación el descuelgue ha sido reciente. Se aprecia la distinta textura visual entre la implantación y la masa original. El descuelgue aparentemente parece haber sido ocasionado por la no adherencia del mortero de la implantación y no por la corrosión de la armadura. La restauración aparenta mucha dificultad siendo en esquina y solo pudiendo ser reparada por realizar un encofrado similar al original en la zona afectada e inyectar el mortero sustitutorio.

En el caso de ser más orgánica la pieza deberemos recomponer documentándonos sobre su volumen original. La manera de reproducirlo más lógica es realizarla en barro y hacer un positivo de ella con el mismo tipo que el hormigón original.



Figura V-26 Pieza rota



Figura V-27 Modelado para tener una unión exacta



Figura V-28 Molde



Figura V-29 Hormigonado en molde



Figura V-30 Pegado de solo en el centro de la superficie



Figura V-31 Repasado en bordes de unión externos



Figura V-32 Pieza restaurada una vez seca.

Una vez sacada la pieza se unirá a la original como ahora se detalla (si el volumen de pérdida es grande superando los dos kilogramos es recomendable introducir pernos entre ambas partes).

En el caso de rotura haremos una pieza de sustitución de la parte desaparecida y al unir las piezas comprobaremos si la rotura es reciente y aún está húmeda. Para un tamaño pequeño se puede pegar con acetato de polivinilo o solución *epoxi* resistente al agua. Aplicamos este producto sólo en la parte interior de la fractura, nunca en el borde, evitando así el desbordamiento. Una vez dispensado el pegamento, presionar la unión durante unas seis horas y una vez pasadas, se repasan los bordes con el mismo mortero que se haya utilizado para la pieza. Se retira el sobrante pasados dos días, una vez seco, se repasa con una lija fina quedando prácticamente imperceptible la unión entre ambas.



Figura V-33 Reparación de una nariz desprendida se ha pegado con acetato de polivinilo repasado con mortero en sus hendiduras y una vez secado se está repasando con una Dremel con cabezal de cónico romado para piedra.

Materiales para la reparación. Existen gran cantidad de materiales para la rehabilitación de hormigones, la mayoría para restauraciones de hormigones estructurales. Estos materiales pueden ser inorgánicos, orgánicos o la mezcla de ellas.

Los **inorgánicos** son normalmente hormigones tradicionales y se procurar utilizar los mismos a los empleados en la ejecución de la pieza escultórica, siempre y cuando no hayan sido el objeto de la patología. Se les podrá añadir algún tipo de aditivo para mejorar su adherencia entre sí o aumentar la resistencia a la acción que produjo su colapso. En el caso de que se necesite un mortero con más dureza podemos utilizar una adición de fibras metálicas que aumentan considerablemente la dureza del material.

Cuando en la sustitución del material necesitemos que esta mezcla adquiera elasticidad utilizaremos fibras de polímero.

También se pueden utilizar fibras de vidrio que nos dan prestaciones muy buenas tanto en resistencia como en elasticidad.

En la utilización de todas estas fibras deberemos sopesar las consecuencias que llevan su utilización pues variará la textura visual de la misma en la zona de aplicación con respecto de la masa original y que, en el caso de utilizar fibras metálicas en piezas de exterior, es más que probable la aparición de oxidaciones con la humedad y lluvia exterior.

Los materiales **orgánicos** para la rehabilitación de piezas de hormigón los podemos dividir en dos: unos con posibilidad de mezcla húmeda, utilizando agua en la misma, o bien que el ambiente de realización sea húmedo o que la pieza no se pueda secar o está fresca aún. En este caso solo podremos utilizar sustancias acrílicas como el acetato de polivinilo, bien solo, bien con áridos o fibras.

Procedimiento: Si las roturas son de gran porte deberemos limpiar las zonas a unir asegurándonos de que están bien secas y unir las mediante una solución epóxica, observando marcas y composiciones pues hay diversas. En la unión de las dos piezas retiramos el sobrante una vez dispuestas la una con la otra para que la unión quede lo más limpia posible. Se recomienda que al utilizar el pegamento se disponga solo en la superficie central de la rotura de tal manera que la línea de superficie no tenga ese material y menos aún sobrante. Una vez seco el pegamento se repasa toda esa línea de rotura con el mismo mortero que se utilizó dosificándolo con el árido más fino de la original, de esta manera se disimula mucho más la unión.

Existen soluciones con origen similar al metacrilato como el cianocrilato que son muy apreciadas por su baja viscosidad.

Los materiales **mixtos** proceden de la mezcla de orgánicos e inorgánicos, como el propio nombre indica son la unión entre unos y otros estos lo normal es que se utilicen en emplastes de reducido tamaño entre fisura y descuelgue. Estas uniones pueden ser en seco con cemento, áridos, o adición húmeda con aportación de agua.

Si es húmeda lo normal es que se realice con acrílicos y raramente con soluciones epóxicas resistentes al agua.

Para una buena mezcla de los mismos se recomienda saturar antes de agua los áridos previos a la mezcla con los acetatos de polivinilo.

En seco son la unión de áridos y cemento con soluciones epóxicas o de poliuretano.

Inyección en fisuras. Dependiendo del grosor que tenga la fisura utilizaremos un tipo de solución a introducir para reparar la rotura.

Para fisuras de un calibre escaso de entre 0.1 y 0.3mm es conveniente utilizar soluciones de metacrilato de metilo con baja viscosidad. La más común en el mercado es el Cianocrilato. Esta solución penetra muy bien por la fisura y puede introducirse bien en el interior por capilaridad o por gravedad. El inconveniente de esta solución es que precipita al contacto del agua por lo que debemos asegurarnos que para que se introduzca bien debe estar completamente seca la pieza. Si la fisura es más ancha de 0.3mm a 1mm utilizaremos soluciones epoxi y las inyectaremos con presión mediante jeringa o pistola.

Siendo fisuras superiores de este grosor es recomienda añadir árido a la solución no superando nunca el tamaño del árido a la mitad del ancho de la fisura. En los molinos de piedra venden polvos impalpables de la mayoría de las piedras.

Si la fisura tiene descascarille en su parte exterior es recomendable primero hacer una inyección en el interior con solución poco viscosa y posteriormente a su endurecimiento y secado se aplica en su parte superficial un mortero de semejante textura visual a la pieza, a poder ser un mortero igual.

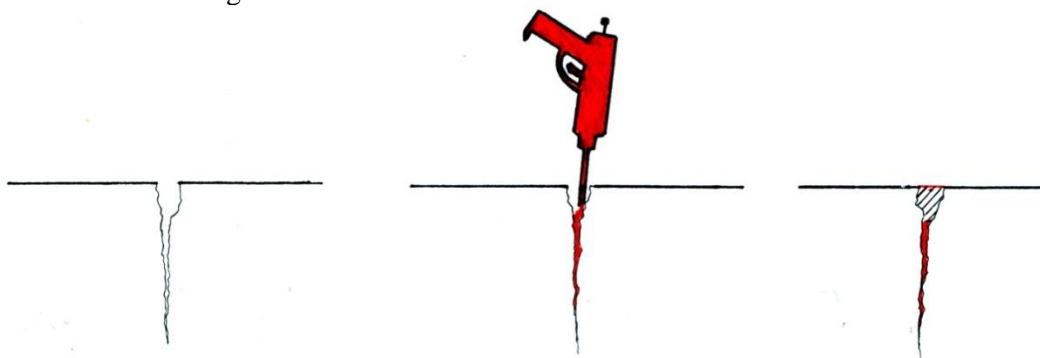


Figura V-34 a 36 Esquema de reparación de fisura con bocana ancha.

Para hacernos un esquema general diremos que utilizaremos en pérdidas de materia grandes morteros de cemento lo más semejantes posibles al original bien por realización de molde semejante bien por parcheado de la pieza. Estos morteros serán convencionales o con resinas pudiendo ser *epoxi* o polímeros con mezcla en húmedo o en seco.

En roturas o desprendimientos pequeños de 25 a 6 mm trabajaremos con morteros mixtos tanto acrílicos *epoxi* como con resinas de poliéster. En fisuras utilizaremos soluciones de baja viscosidad como el cianocrilato, acrílicas, *epoxi* de baja viscosidad.

Para pegar desconches o descuelgues, resinas *epoxi*. Para pegar en zonas húmedas o bien que el hormigón sea joven utilizaremos soluciones acrílicas o *epoxi* que resistan el agua.

Capítulo VI

Anexos del capítulo IV

Capítulo VI. Anexos del capítulo IV

En este capítulo se desarrollan algunos de los autores que más obra han realizado en escultura en hormigón, con un análisis minucioso y extenso. Se ha decidido realizarlo así para que dentro del capítulo IV no quedasen descompensados unos artistas con otros, haciendo el conjunto más homogéneo.

En el caso de Miguel Fuentes del Olmo y de José Luis Sánchez la información proviene de fuente directa gracias a entrevistas mantenidas con los artistas, en otros casos la información fue obtenida mediante familiares de los mismos como el caso de Ángel Mateos, a través de su hijo Ángel Manuel, o el caso de Sempere, a través de su hija y la propia fundación.

En el resto la documentación ha sido recopilada mediante fundaciones y museos a través de documentalistas o investigadores de los mismos.

Assler, Federico (1929-

Datos de la exposición realizada en *Centro Cultural Matucana 100* realizada en el 2004.



Figura VI.1 a 4 Detalles del proceso de corte en negativo.

De septiembre a noviembre del 2004 Federico Assler realiza una exposición en el *Centro Cultural Matucana 100*. La exposición fue un gran éxito gracias a la particularidad de la misma, ya que parte de su obra expuesta la realizó *in situ* mostrando al público su buen hacer y destreza. La gente pudo observar cómo el artista realizaba esculturas de gran porte que posteriormente se trasladaron a distintos museos e instituciones chilenas. La exposición se llamó *Moldaje/Desmoldaje. Federico Assler. Hormigón, la piedra contemporánea*.¹

¹ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100.



Figura VI.5 a 8 Detalles del proceso del corte con hilo de nicon.

Vemos en las fotografías cómo el escultor extrae trozos del bloque matriz de poliestireno expandido mediante una pistola térmica con punta de hilo de *Nicrom* o *Kanthal*.

Estos trozos extraídos los pegaba en un molde en positivo, para ir visualizando cómo iba a quedar el positivo una vez fraguado dentro del negativo realizado. De este modo iba generando dos esculturas a la vez.



Figura VI.9 a 12 Detalles del proceso. Colocación de estructura y encofrado.

Una vez configurados los negativos y positivos, se montó el encofrado introduciendo previamente una armadura metálica de refuerzo, para evitar problemas en futuros transportes principalmente. El escultor está siempre presente y al tanto de hasta el más mínimo detalle.



Figura VI.13 a 16. Detalles del proceso, vertido de la masa.

Ya instalada en el lugar elegido para la exposición se comienza a verter el hormigón dentro de la pieza. Previamente se han adoptado medidas de seguridad del escultor y operarios. Vemos en la -figura VI.15- que junto al vertido esta la manguera del vibrado para la expulsión de aire, y a la derecha el artista enrasando la parte superficial.



Figura VI.17 a 20. Detalles del proceso, desencofrado.

En esta serie de fotografías, se procede al desencofrado de las piezas, se observa que el encofrado utilizado, ha sido reforzado por unos cercos de metal para evitar que el empuje por el peso del hormigón líquido pueda deformar la pieza a fraguar. Posteriormente al fraguado se comienza la retirada del negativo de poliestireno expandido.



Figura VI. 21 y 22. Detalle de la colocación de la pieza en la entrada de la exposición.



Figura VI. 23 y 24 Fotografías de las dos piezas ejecutadas in situ. La escultura, una vez instalada en *el Museo de la Solidaridad Salvador Allende*.

Una vez terminada la exposición, las piezas se trasladan a su lugar definitivo. Si las piezas no fueran a tener desplazamientos, no hubiese hecho falta armadura interior. Pero si, como es el caso, van a ser trasladadas el armado las protege de posibles roturas generadas por el mismo.

“... muchas de mis piezas son verticales, y yo veo lo vertical como masculino y lo horizontal como femenino. Lo horizontal es la tierra, lo vertical es el árbol. Muchas veces digo que mis piezas verticales son árboles, y que las horizontales son la tierra, lo femenino. Entonces

también hay diferencias de formas: Lo masculino es más duro, lo femenino es más suave, acoge.”² También hay diferencias de formas: Lo masculino es más duro, lo femenino es más suave, acoge.”³

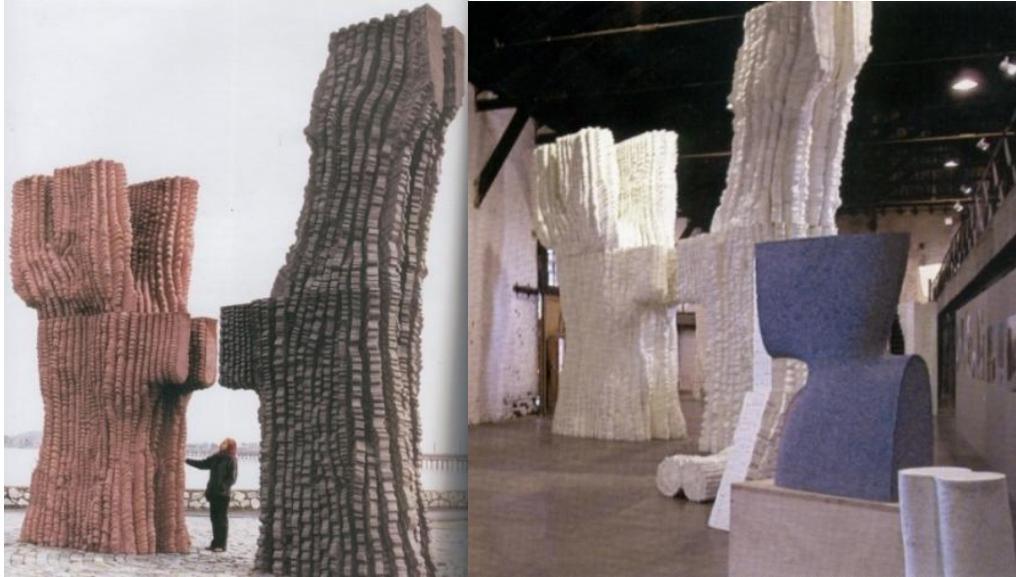


Figura VI. 25 y 26 Federico Assler. *Ferrun y Flora*, 1999.

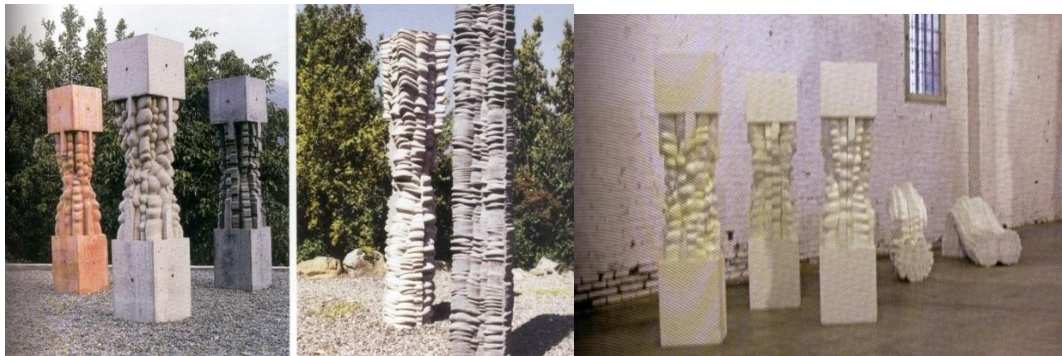


Figura VI.27 a 28 Federico Assler. *Sin Título*, 2001.

Federico Assler pigmenta sus esculturas en colores, especialmente en negros dejando, según comenta, “el azul para el cielo y el verde para la naturaleza”⁴.

“Me interesa que la obra escultórica, esté en la calle, en una vereda, en un parque, incorporada a la arquitectura, que emerja donde está en hombre, que vaya

²ASSLER, Federico. (2011). *Proyectos*. [en línea]. Santiago de Chile: Assler [Fecha de consulta 03/07/2012]. <<http://www.federicoassler.cl/>>

³Ibid

⁴Ibid

al encuentro del hombre. Siempre he querido eso, desde que partí con la escultura. No hacer que el hombre vaya al museo a ver una obra escultórica, sino incorporarla en el espacio. La obra exterior siempre va cambiando, igual que un edificio, una construcción o un árbol. Por ejemplo, con lluvia, un árbol es distinto que con el sol; y en primavera es diferente que en invierno o en otoño. La escultura también puede tener esos cambios; pero en un museo, como la luz es siempre la misma, la obra no cambia. En el exterior, una pieza es diferente en la mañana, en la tarde, en un día de lluvia, o en la noche de luna; entonces esa posibilidad de que la obra escultórica sea cambiante... ver como recibe la luz, como se envejece... es muy importante.”⁵



Figura VI.29 y 30 Federico Assler. *Sin Título*, 2000, positivos en poliestireno expandido y hormigón pigmentado.



Figura VI.31 y 32 Federico Assler. *Conjunto escultórico del patio circular de la empresa Cemento Polpaico S.A.* 2000 y positivo de una de las esculturas en poliestireno expandido.

⁵ ASSLER, Federico. (2011). *Obras*. [en línea]. Santiago de Chile: Assler [Fecha de consulta 03/07/2012]. <<http://www.federicoassler.cl/>>

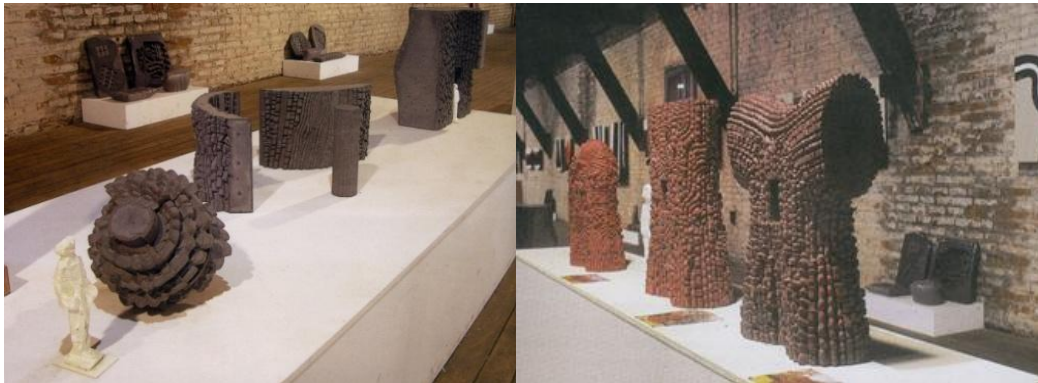


Figura VI.33 y 34 Federico Assler. *Sin título*, 1998. Maqueta realizada en Hormigón mediante negativo en poliestireno expandido,

En la figura VI- 35 aparece una textura de retícula uniforme en los laterales de la pieza, debido a la colocación en el encofrado de una membrana tipo *Delta Drain*⁶, utilizada habitualmente en construcción para drenaje de terrenos, ya que es altamente eficaz controlando el flujo de agua bajo tierra.



Figura VI.35 y 36 Federico Assler. *Bocetos*, 2000, Federico Assler. *Boceto*, 2000.,



Figura VI. 39 Federico Assler. *Pieza* 2002.

⁶VVAA. (2014). *Membranas y Soluciones*. [en línea]. Monte León: *Delta – Drain* [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://www.membranasysoluciones.com/productos/delta-drain/>>

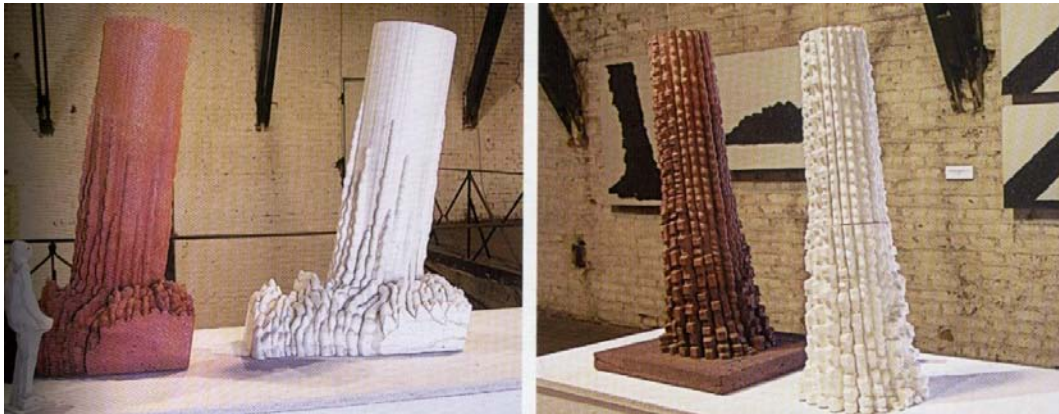


Figura VI.37 y 38 Federico Assler. *Figuras* 2000.



Figura VI.42 Federico Assler. *Homenaje al río Mapocho "Oda al río"*, 1989.



Figura VI. 40 y 41 Federico Assler. *Homenaje al río Mapocho "Oda al río"*, 1989.

Chillida, Eduardo (1924-2002)

A continuación se aporta una relación de las obras realizadas en Hormigón por Chillida, facilitada por el Departamento de Documentación del Museo Eduardo Chillida Leku.

EDUARDO CHILLIDA ESCULTURAS DE HORMIGÓN				
LUGAR DE ENCUENTROS III	1.972.004	200 x 507 x 175 cm.	HORMIGÓN	
LUGAR DE ENCUENTROS IV	1.973.016	215 x 470 x 400 cms.	HORMIGÓN	
LUGAR DE ENCUENTROS V	1.973.017	215 x 470 x 400 cm.	HORMIGÓN	
LUGAR DE ENCUENTROS VI	1.974.019	260 x 510 x 290 cm.	HORMIGÓN	
LUGAR DE ENCUENTROS VII	1.974.020	234 x 406 x 308 cm.	HORMIGÓN	
LEKU III	1.976.010	82,5 x 76,5 x 51 cm.	HORMIGÓN	
ARQUITECTURA HETERODOXA I	1.978.009	140 x 80 x 80 cm.	HORMIGÓN	
ARQUITECTURA HETERODOXA II	1.978.010	95 x 87 x 86 cm.	HORMIGÓN	
HOMENAJE A JORGE GUILLÉN I	1.981.029	207 x 153 x 106 cm.	HORMIGÓN	
LA CASA DE GOETHE	1.986.014	1ª 390 x 317 x 410 - 2ª 385 x 325 x 300 cm.	HORMIGÓN	
ELOGIO DEL AGUA	1.987.018	460 x 660 x 400 cm.	HORMIGÓN	
HOMENAJE A D. GREGORIO MARAÑÓN	1.987.019		HORMIGÓN	
GURE AITAREN ETXEA	1.987.023	780 x 1820 x 1640 cm.	HORMIGÓN	
ELOGIO DEL HORIZONTE IV	1.989.070	1000 x 1250 x 1550 cm.	HORMIGÓN	
ZUBIA	1.990.026	120 x 98 x 6 cm.	HORMIGÓN	
MONUMENTO A LA TOLERANCIA	1.992.004	500 x 1200 x 800 cm.	HORMIGÓN	
BEGIRARI V	2.000.002	1.520 x 300 x 350 cm.	HORMIGÓN	

Figura VI.42. Tabla de obras de Chillida en hormigón.

Se ha podido localizar la ubicación de casi todas:

- *Lugar de Encuentros III* (Sirena varada) en el Museo de Escultura al aire en Madrid.
- *Lugar de Encuentros VI*, Facultad de Bellas Artes de Bilbao.
- *Lugar de Encuentros V*, Puerta de la Bisagra en Toledo.
- *Lugar de encuentros VI*, Fundación Juan March en Madrid.
- *Lugar de encuentros VII*, Palma de Mallorca.
- *Leku III*, Museo de Arte Contemporáneo, Alicante.
- *Arquitectura Heterodoxa I*, Fundación Miró, Barcelona.
- *Homenaje a Jorge Guillen I*, Museo Chillida Leku, Guipúzcoa.
- *La casa de Goethe*, Frankfurt Alemania.
- *Elogio del Agua*, Parque de Cruela de Coll, Barcelona.

Homenaje al Doctor Gregorio Marañón, El Cigarral Toledo. *Gure Aitaren Etxea*, Gernica. *Elogio del Horizonte VI*, Cerro de Santa Catalina, Gijón. *Monumento a la Tolerancia*, Muelle de la Sal, Sevilla. *Begirari V*, Alemania, Insel-Hombroich, Fundación Insel-Hombroich.

Escultura, *Homenaje a Jorge Guillen I*



Figura VI.43 Chillida, *Homenaje a Jorge Guillen I*, 1981.

En la visita al *Museo Chillida Leku* en Guipúzcoa, se puede, además de admirar gran parte de la obra de Eduardo Chillida, ver también una obra realizada en hormigón que allí expuesta, el *Homenaje a Jorge Guillén I*. Se trata de un paralelepípedo irregular con unas perforaciones rectas y circulares en el mismo.



Figura VI.44. Chillida, *Homenaje a Jorge Guillén I*, 1981 Detalle de la escultura, realizado en hormigón armado con encofrado de tablonos. Figura VI.45. Detalle del descascarillamiento de la capa de óxido.

Eduardo Chillida realizaba las esculturas en boceto pequeño. Posteriormente se realizaba a escala uno a uno con poliestireno expandido, sobre este poliestireno expandido se forraba de la madera del encofrado y tras retirar el poliestireno expandido se hormigonaba. En esta concretamente, tras la retirada del encofrado o antes de verter el hormigón, se le aplicaron unos óxidos de hierro que aparentemente fueron añadidos con lechada de cemento, según manifiesta la capa de descascarillado en zonas puntuales. Se desconoce si este efecto de descascarillamiento de esta capa de lechada con óxidos, fue buscado por el artista o no, pero al ser incontrolado no es recomendable emplear este tipo de técnicas. Para cualquier tipo de variación de color superficial se deben utilizar técnicas que penetren en el poro y si es posible que estén aplicadas antes del momento del fraguado.

Estos descascarillamientos vienen dados normalmente por falta de cohesión con el material original y que con repetidas heladas se van desprendiendo. También en esta pieza aparecen fisuras superficiales, la mayoría son debidas al agua, por filtraciones en su parte superior y por capilaridad en su parte inferior. Estas aguas absorbidas al ser sometidas a heladas hacen cuña, llegando a romper el material, apareciendo en los lugares más débiles de la pieza, vértices y esquinas. Para evitar este tipo de patologías debemos realizar hormigones más resistentes y más hidrófugos.



Figura VI.46. Detalle de descascarillamiento y grieta por filtración y helada.



Figura VI.47 y 48. Detalle de grietas por filtración de agua y posteriores heladas y detalle de descascarillamiento en esquina.



Figura VI.49. Detalle de descascarillamiento y pérdida de materia.



Figura VI.50. Ampliación de la pérdida de materia posiblemente esta patología sea producida por un impacto en el traslado de la misma, más que por heladas. Figura VI.51. Detalle de descascarillamiento en esquina, donde se aprecia que es casi constante en los vértices.

Escultura: *Lugar de Encuentros III* o también llamada *la Sirena Varada*.



Figura VI.52. Chillida, *Lugar de encuentros III* o *La Sirena Varada*, 1972. Vista frontal de la escultura.

El escultor Eduardo Chillida realizó muchas obras en hormigón junto con el ingeniero de Caminos Fernández Ordoñez. Se incorpora aquí una conversación entre ambos, tal como

aparece en el libro publicado por Susana Chillida, *Elogio del Horizonte Conversaciones con Eduardo Chillida*.⁷

“ORDOÑEZ No sé si eres consciente, pero has dado un paso adelante en la investigación del hormigón. Lo escribí en la Revista de Occidente en un artículo que me pidió Santiago Amón en el año 1973 o 1974.

CHILLIDA Bueno, yo te decía lo que notaba. Sí.

ORDOÑEZ Lo que querías. Y lo que querías es un hormigón que no viene en los prontuarios.

CHILLIDA Sí, que no es el corriente.

ORDOÑEZ No es el corriente, tiene un módulo de elasticidad diferente y materiales distintos. Por eso sorprende a la gente. Y por eso muchos ingenieros y arquitectos me preguntan también cómo está hecho ese hormigón. Ven que no es el hormigón típico de una obra de Ingeniería.

CHILLIDA Sí, pero es un hormigón que tiene un sentido especial. Por eso, insisto, me da miedo Japón, que me hagan un hormigón de otro tipo.

ORDOÑEZ Tienes miedo de Japón y de Alemania, porque estos países hacen las obras tan pulcras, que te harán una obra perfecta. Perfecta entre comillas.

CHILLIDA Esa perfección no es la perfección que yo busco. La que quiero es de otro orden. Porque si el conjunto tiene un poder especial, lo tiene en función de la materia.

ORDOÑEZ Es la perfección de la que hablaba Platón en el Cratilo cuando decía que la perfección está lejos de la exactitud matemática.

CHILLIDA Por supuesto.

ORDOÑEZ Una cosa es la exactitud. ...

CHILLIDA Y otra cosa la perfección, sí.

ORDOÑEZ Lo malo es el hormigón que quiere ser sofisticado, que quiere estar bien hecho.

⁷CHILLIDA, Susana. (2003). *Elogio del Horizonte Conversaciones con Eduardo Chillida*. Madrid: Destino SA, 1ªed, .páginas 87 a 95.

CHILLIDA Tan bien hecho que ya no es hormigón.

ORDOÑEZ Eso que los arquitectos llaman hormigón visto. Recuerdo cómo empezaste a utilizarlo. Yo te pedí que pusieras una escultura en un puente, con el pobre Eusebio Sempere, que ya murió. Tú nunca habías hecho nada en hormigón, y te metiste con mucha cautela. Pero al final, muy a fondo [Se refiere a la Sirena Varada en el Museo de Escultura al Aire en la Castellana de Madrid].

CHILLIDA Sí, me acuerdo siempre de aquello.

ORDOÑEZ Y aquella pieza, aparte de toda la polémica tonta que suscitó, medio política, fue el inicio de unas obras tuyas muy importantes. Entre otras el Elogio del horizonte, que yo siempre digo que es la obra más hermosa que has hecho, tanto por la obra en sí, como por el lugar.

CHILLIDA Hasta ahora, si, pienso también que lo es.

ORDOÑEZ Cuando la acabemos, probablemente lo será Tindaya.

CHILLIDA Si la acabamos, Tindaya va a ser un mal enemigo para el Elogio.

ORDOÑEZ Cuando te conocí, me hablabas de ideas como quemar el encofrado. Te acercabas al hormigón con sugerencias realmente. ..

CHILLIDA Inesperadas.

ORDOÑEZ Sorprendentes. Hay una cosa curiosa que tú ya sabes, pero que la gente no sabe, y es que hablan del hormigón como si fuera un solo material. El hormigón, como tú, que te has metido en sus tripas, ya sabes, son muchos materiales.

CHILLIDA Y tanto.

ORDOÑEZ El árido, la arena y toda la cantidad de porquerías que añadimos.

CHILLIDA Y que pueden variar muchísimo.

ORDOÑEZ Y los diferentes encofrados, los tratamientos que damos después.

CHILLIDA Yo creo que es un material maravilloso para obras grandes, un material único.

ORDOÑEZ Y además muy económico. La verdad es que pocos artistas han seguido este camino, no han encontrado la manera de. ..

CHILLIDA Sí, porque no la han encontrado.

ORDOÑEZ de expresarse en hormigón. Yo ya te conté que más de un escultor muy famoso me vino a espiar a la fábrica de Arganda.

CHILLIDA A ver cómo lo elaborábamos.

ORDOÑEZ Si, qué materiales empleábamos, como áridos y arenas. Después de tantos años hay unos cuantos secretos de cocina de los hormigones.

CHILLIDA Sí.

ORDOÑEZ Buscaban eso que querías tú, un hormigón muy mal hecho.

CHILLIDA Mal hecho por decirlo de algún modo. Muy fuerte, muy poderoso. Por eso tengo miedo con lo del proyecto de Hokusai en Japón, porque allí me van a hacer un encofrado un poco amariconado.

ORDOÑEZ Demasiado perfecto.

CHILLIDA Demasiado perfecto.

ORDOÑEZ Te acuerdas de aquel ingeniero de Princeton que vio lo de la Castellana y dijo: “Este hormigón es una porquería”.

CHILLIDA Una porquería, sí. Pues ese es el que quiero yo.

ORDOÑEZ Y ahora esta ese proyecto tan hermoso que has ideado para La casa de Bach.

CHILLIDA La casa de Bach en Eisenach, donde nació.

ORDOÑEZ Allí podríamos hacer la obra in situ, si tenemos la garantía de que lo van a hacer bien.

CHILLIDA De que van a entender lo que queremos.

ORDOÑEZ Sí, porque los alemanes al principio no querían que hiciéramos en Madrid La casa de Goethe. ¿Te acuerdas?

CHILLIDA Sí.

ORDOÑEZ Y luego les entusiasmó. Y esta obra tuya, si la hacemos en Madrid, vamos a tener que despiezarla, lo que también tiene su interés por que luego quedan unas marcas interesantes.

CHILLIDA Sí

ORDOÑEZ O bien hacerla allí. Es una decisión que tenemos que tomar, también a la vista de los precios.

CHILLIDA Pienso que si lo conseguimos puede ser una de las piezas verdaderamente serias. ¿Tú la has mirado con calma?

ORDOÑEZ Si, la he mirado con calma porque me enviaste fotografías de la maqueta. Creo que debe de tener unos veinte centímetros. Si la aumentamos veinte o veinticinco veces, puede tener cuatro o cinco metros y ser muy interesante. De la escala de la de Frankfurt [Se refiere a La casa de Goethe].

CHILLIDA Por lo menos que se pueda entrar en ella, que un hombre erguido pueda entrar y circular por dentro. Que vea unas bóvedas, que es lo que es realmente su techo y que es lo que yo sentí cuando entré en Santa Sofía y le dije a Pedro: ¡Caray!». Me dio la impresión de que estaba entrando en los pulmones de Juan Sebastián Bach. Aquel volumen de espacio tan terrible, tan tremendo, impresionante.

ORDOÑEZ Es curioso, el otro día un periodista me preguntaba por qué el proyecto de Tindaya tiene cincuenta metros de altura. Medí Santa Sofía, que tanto te impresionó, y aunque la cúpula tiene treinta y dos metros, luego, con las pechinas, se va a cincuenta. El Panteón mide lo mismo. Todas las grandes cúpulas de la humanidad rondan esa medida. Quizá cien metros es una medida inhumana y cincuenta es el límite de lo humano.

CHILLIDA Desde luego, yo creo que es una medida perfecta para conseguir lo que se pretende.

ORDOÑEZ Otra aventura interesante en hormigón fue aquella obra que colgamos de una cantera que estaba destrozada, con todas las piedras sueltas.

CHILLIDA Si, el Elogio del agua, en Barcelona. El mito de Narciso.

ORDOÑEZ ¿Recuerdas que le quitaste de la cabeza bastante peso porque era excesivo?

CHILLIDA Tengo un recuerdo muy bueno de todas las obras que hemos hecho, excepto de la de Guernika, de la que tengo un recuerdo muy malo porque han construido detrás.

ORDOÑEZ Si, ya lo he visto.

CHILLIDA ¿Y qué te pareció?

ORDOÑEZ La han estropeado.

CHILLIDA Es un disparate.

ORDOÑEZ Era un lugar abierto, con huertas, muy natural. Y ahora lo han urbanizado en el peor sentido.

CHILLIDA Yo creo que lo de Frankfurt se puede arreglar. Porque, lo tengo que decir, no está bien ahí, tal como está. La de Guernika, no sé.

ORDOÑEZ La de Guernika tiene mal arreglo.

CHILLIDA Yo no quise ni ir a verla porque me di cuenta de lo que pasaba.

ORDOÑEZ Lo malo es que es una pieza enorme. La de Frankfurt puedes montar en un camión y llevártela, porque son piezas. La de Guernika le sucede como a la de Gijón, que son piezas de seiscientas y quinientas toneladas.

CHILLIDA No las puedes transportar. Y además esa no hay que transportarla, está muy bien en su sitio. Yo espero que hagamos Bach, porque me preocupa. Están escribiendo todo el día. El mes viene puede ser una buena época para hacerlo.

ORDOÑEZ Hacemos eso y empezamos Hokusai y Tindaya.”



Figura VI.53. Chillida, *Lugar de encuentros III o La Sirena Varada*, 1972. Vista trasera de la escultura.

La escultura, *Lugar de Encuentros III* o la *Sirena Varada*, es una escultura colgada mediante tirantes de cuatro columnas que sostienen un viaducto en su parte superior.

El ingeniero ayudó y asesoró al escultor tanto en el cálculo estructural de la escultura como del proceso técnico de realización y ubicación de la misma.

Esta escultura tiene unas particularidades que en otros casos se llamarían defectos de fabricación pero en este caso, según hemos visto anteriormente en la conversación entre el escultor y el ingeniero, se entrevistó que han sido buscadas exprofeso.



Figura VI.54. Chillida, *Lugar de encuentros III* o *La Sirena Varada*, 1972. La pieza se enfrenta dada su forma a ser sometida a la invasión de chavales que la toman como parte de sus juegos.

En esta pieza se puede observar cómo gran parte de las armaduras superficiales afloran. Este defecto – dicho sea entre comillas - en otro caso sería una patología grave, dado que la armadura se oxida y la pieza pierde capacidad estructural con su posterior colapso. También el afloramiento hace que al oxidarse produzca manchas de óxido en la superficie de la pieza.

Gracias a que esta pieza se encuentra bajo cubierto, este tipo de patologías no se agrava y permanece en buen estado sin aparecer hasta la fecha desconches de material tanto del hormigón como del acero, ni grandes manchas derivadas del arrastre de los óxidos, ni aparición de líquenes por la superficie de la misma.



Figura VI.55 y 57. Detalle de afloramiento del mallazo y coqueras en su parte inferior y detalle de aparición de coqueras.

Es muy posible por la ubicación en vértice y viendo el árido suelto sin lechada que en ese lugar hubiese habido una fuga de líquido en el vertido de la misma fugándose el agua de la mezcla con el cemento y el árido fino y dejando la grava a la vista.



Figura VI.58 y 59. Detalle de coqueras y aparición de varillas estructurales aparente mente por hormigón poco fluido y detalle de aparición de mallazo con afloración de óxidos.



Figura VI.60. Detalle de aparición de mallazo con floración de óxidos.



Figura VI.61. Detalle de Coqueras y floración de mallazo. En este caso no se aprecia una oxidación clara, a diferencia con lo que se aprecia en la anterior fotografía, en la que la oxidación puede haberse formado por fuga del material en el vertido. Figura VI.62. Detalle de Coqueras y floración de mallazo con oxidación.

Este tipo de defectos repito, entre comillas porque aquí han sido intencionados, se podrían haber resuelto con un encofrado estanco y un hormigón con aditivos fluidificantes evitando coqueras⁸ y separadores⁹ de superficie para evitar la aparición de las varillas y mallazo.

Elogio del agua.



Figura VI.63 y 64. Chillida, *Elogio del agua* 1987, En la fotografía se muestra el encofrado extremadamente difícil de la pieza. Fotografías de la pieza ya instalada y del encofrado de la misma en su realización.

La pieza fue realizada in situ y a la misma altura a la que debía ser suspendida. El encofrado adquiere su verdadera dificultad en el brazo de doble curvatura. Se han dejado pasantes dentro del encofrado los tubos en los que luego se alojarán los tirantes que la

⁸Ver aditivos en el capítulo II, dentro del apartado II-5.1 Adiciones

⁹ Ver separadores en el capítulo II, dentro del apartado II-6.1. Armar el hormigón, colocación de las armaduras.

suspenderán en el aire. Estos cables de acero entran en carga cuando una vez fraguada la pieza se retira el encofrado y la base del mismo.



Figura VI.65. Chillida, *Elogio del agua* 1987. Vista general.

Dentro de una conversación mantenida entre Fernando Huici y el artista, se comenta esta obra ¹⁰:

“Fernando: Hablemos de tu pieza de Barcelona, del *Elogio del Agua*.

Eduardo: El Elogio del Agua está en la Creueta del Coll. Es una pieza enorme, 54 toneladas de hormigón. Me llamó Oriol Bohigas un día y me dijo que quería que fuera con él a ver un parque que estaban haciendo ahí, en la Creueta del Coll, que se encuentra al otro lado del monte en el que está el Parque Güell. Es un parque público que recupera una zona residual de Canteras, de donde se había sacado la piedra para Barcelona, para la construcción del Plan Cerda. En principio, los emplazamientos que me proponían, cuando visité el lugar, no me convencían. Y, de repente, al fondo del parque, me atrajo una cantera.

¹⁰ Conversación entre Eduardo Chillida Y Fernando Huici dentro del libro: HUICI, Fernando. (1990). *Elogio del horizonte una obra de Eduardo Chillida*. Oviedo: Progreso editorial, 1º ed, página. 33.

Nos acercamos y ví la solución en el acto. Desde las rocas de la cantera, desde los dos lados, cuelgo una escultura sobre el agua, a 60 u 80cm de ella. Yo hago la mitad de la escultura, y la otra mitad la hace la reflexión en el agua. Es el mito de Narciso.”

Elogio del Horizonte



Figura VI. 66. Chillida, *Elogio del Horizonte VI*, 1989.

Elogio del horizonte es una de las obras más grandes de Eduardo Chillida. Situada en un acantilado cercano a la ciudad de Gijón es una escultura de hormigón de grandes dimensiones cuya realización viene muy bien explicada en el ya citado libro *Elogio del Horizonte. Una obra de Eduardo Chillida*.¹¹

En dicho libro tiene una conversación con Federico Huici sobre ella:

“Fernando: Hablemos un poco de la elaboración material de la obra...

Eduardo: Bueno, hubo que realizar un encofrado complicadísimo, como viste. Yo dibujé todas las piezas, una por una, y lo hice con estos carpinteros, con Bereciartua y su equipo, que trabajan muy bien; son muy buenos. Es gente que conoce muy bien su oficio. Casi, casi, más que encofradores son ebanistas. Y si no se pasaron a ese terreno del ebanista, es porque yo no quería. En esa escala supondría unos

¹¹ Conversación entre Eduardo Chillida Y Fernando Huici dentro del libro: HUICI, Fernando. (1990). *Elogio del Horizonte Una obra de Eduardo Chillida*. Oviedo: Progreso. 1º ed, páginas 19 y 20.

falsos refinamientos que serían negativos. Pero conceptualmente, su trabajo lo conocen bien; lo han hecho perfectamente.

La cosa ha sido muy complicada, pero muy emocionante. Porque había problemas de dobles curvaturas, de las que está llena la obra. Y están resueltas con técnicas absolutamente elementales, pero muy curiosas. Por ejemplo, si tú quieres que una tabla se curve hacia dentro, le das uno o más cortes con la sierra, y el ancho de la sierra, al forzar la madera, permite una cierta curvatura en ese sentido. Y en caso de que quieras ir hacia el otro lado, le das un corte y le metes unas cuñas, y entonces consigues esa misma curvatura en el otro sentido. Son cosas, de oficio, pero importantes; sobre todo en aquella escala. Es algo que la gente no ve, pero que está ahí.

Fernando: Además, estaba la cuestión de trabajar incluso con un modelo, con una maqueta a escala 1:1.

Eduardo: Este modelo, a escala 1:1, lo hizo Jesús Aledo y yo lo iba corrigiendo a medida que avanzaba. Eso es algo fundamental, también. Porque es un tipo de trabajo que, por su misma naturaleza, no se puede hacer por planos. Ahí es donde yo soy un arquitecto totalmente heterodoxo. Comprendo que me haya costado tanto acabar la carrera. Cuando me dieron el título de arquitecto honorario, este año, dije que había empezado en el 43 y había terminado en el 90; la carrera más larga del mundo. Ahí si soy heterodoxo: un proyecto como éste no lo puedes hacer por planos, porque saldría algo parecido, pero completamente rígido y seco, sin vida. No puedes hacer por planos todas esas variantes, esas inflexiones, que son rebeliones contra el orden. Braque decía algo de esto, rebelarse contra la norma...

Fernando: Tanto por las dimensiones y el tipo de proceso, como por los propios aspectos conceptuales de la pieza, el *Elogio* se acerca, dentro de tu obra, a la vertiente que entronca de modo más literal con lo arquitectónico, dentro de tu obra; pero tienes más cosas en esa línea, ¿no?

Eduardo: Sí, lo de Guernica, lo de Frankfurt, lo de Vitoria. Yo creo que son bastante arquitectura, aunque de otra manera.”

Como se decía, el libro “*Elogio del Horizonte, una obra de Eduardo Chillida*” es un documento de gran importancia, en el que se explica perfectamente cómo Chillida realiza esta

gran obra, paso por paso y con fotografías tomadas del mismo, analizamos las fases de producción de la obra.



Figuras VI.67 a70. Detalles del proceso.



Figuras VI.71 y 74. Detalles del proceso.



Figura VI. 75. Detalles del proceso.

Fases documentadas fotográficamente de “Elogio del Horizonte VI”, 1989, 1000x1250x1550 cm, realizada en hormigón armado con encofrado de tablonos, situada en el Cerro de Santa Catalina en Gijón.

1. El artista realizando el proceso de cambio de escala del boceto a 1:1.
2. La pieza realizada a escala 1:1 en poliestireno expandido.
3. Realización del encofrado.
4. Terminación del encofrado.
5. Proceso del desencofrado.
6. Proceso del desencofrado.
7. Detalle de desencofrado introduciendo cuñas para no dañar la pieza.
8. Aplicación de ácidos para quitar la lechada superficial.
9. El autor inspeccionando en su fase final de la obra.

Chillida después de crear una escultura de tamaño reducido, la construye a escala en su tamaño definitivo en poliestireno expandido. Una vez realizada la escultura a tamaño natural y dentro de un taller bajo unas condiciones de trabajo controladas, encarga a encofradores que realicen el molde o encofrado de madera en su tamaño amoldándose a la pieza realizada en poliestireno expandido y una vez terminado se desmonta.

En el lugar previsto de colocación de la pieza, se va realizando la cimentación que soporte la escultura. Una vez realizada la cimentación se traslada el encofrado o molde de la escultura desde el taller y se monta sobre la cimentación incorporando en su interior la estructura metálica

de barras de acero corrugadas debidamente calculadas anteriormente por un ingeniero o arquitecto.

Después de montado el encofrado se arriostra para que pueda soportar el peso y los empujes del hormigón, se hormigona y se vibra.

Terminado el fraguado y endurecido del hormigón, se retira el encofrado, se da un tratamiento a la superficie con ácidos para quitar la lechada superficial.

Lugar de Encuentros VI



Figura VI.76. Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974. Vista lateral de la escultura

La escultura Lugar de Encuentros VI se encuentra situada en el frente de la fachada principal de la Fundación March de Madrid. La escultura está elevada en una cama de cantos rodados.

Pese a estar al abrigo de los edificios, no está cubierta y presenta graves patologías; la mayoría de ellas son por agresiones meteorológicas y defectos de ejecución posiblemente intencionados como refleja la conversación mantenida con Fernández Ordoñez aportada en este trabajo de investigación.



Figura VI.77. Chillida, *Lugar de encuentros V'*, 1974. Vista lateral de la escultura.

Al estar en el exterior y no estar cubierta, la humedad y la exposición al sol directa han propiciado que la escultura sea colonizada por líquenes y se ha ensuciado por la contaminación de la ciudad.

Técnicamente el hormigonado de la misma debió ejecutarse por fases dado que el apéndice superior tapa la parte horizontal inferior. Si el hormigón es muy fluido rebosa por lo

que hay que tapar las partes horizontales inferiores realizando toberas de salida de aire para evitar coqueras.¹²



Figura VI.78. Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974. Vista lateral. Figura VI.79. Detalle de vértices de la pieza. Se aprecian grietas y fisuras aparentemente son intervenciones posteriores que han vuelto a ser reventadas por la armadura interior.



Figura VI.80 y 81 Detalle de fisuras en un vértice sin intervención producida aparentemente por la introducción de agua y posteriores heladas y detalle de intervención posterior tras haberse producido una pérdida grave de material.¹³

¹² Ver capítulo II apartado II-6.6 *Moldes y encofrados*.

¹³ Ver Capítulo V *Patología y restauración de esculturas realizadas en hormigón* el apartado V -1 *Daños por acciones físicas*.

Se aprecian grandes coqueras y enormes desconches con graves pérdidas de material se debe intervenir, aparentemente el problema viene por la falta de resistencia del material a las heladas de la capital sumado a una excesiva cercanía del armado a la superficie.¹⁴



Figura VI.82. Detalle de vértice de la pieza donde se aprecian coqueras que aparentemente son por una falta de estanqueidad del encofrado que ha hecho perder el agua y los finos¹⁵. Figura VI.83. Detalle de reparación posterior con mala fijación y pérdida de material de esta misma reparación, la pérdida de material ha llegado al armado.

Este tipo de oquedades hace que la acción de la humedad junto con los periodos de hielo y deshielo rompa la cohesión del material, con la consiguiente pérdida de materia. Estas patologías además se incrementan con el hecho de que la pérdida de material puede llegar a la armadura y ésta se deteriora rápidamente al perder su protección contra la oxidación.

Aparentemente existen problemas en la dosificación de la masa; el cemento no ha llegado a cubrir la totalidad del árido.

Se aprecia una diferencia de textura entre los dos tipos de mortero: entre el original de la escultura y el aplicado en la restauración de la misma. En la primera aparece la pasta poco homogénea¹⁶ con coqueras y visualización de grava fácilmente y en la pasta de restauración sin árido grueso, muy líquida para poder entrar en todos los intersticios.

¹⁴ Ver Capítulo V *Patología y restauración de esculturas realizadas en hormigón* el apartado V -1 *Daños por acciones físicas*.

¹⁵ Ver capítulo II apartado II-6.6 *Moldes y encofrados*.

¹⁶ Ver en el capítulo II consistencia de la pasta.

Una incorporación de aditivos fluidificantes hubiesen solucionado el problema pero posiblemente no sería la textura buscada por Chillida según sus palabras en conversación anteriormente incorporada.



Figura VI.84 y 85. Detalle de textura de la escultura. La textura plásticamente es muy lucida pero no recomendable para una pieza expuesta al exterior por su facilidad a ser agredida por las inclemencias meteorológicas y detalle de gran coquera aparentemente por una fuga de agua en el encofrado donde se ve claramente que el cemento y el árido finohan desaparecido no abrazando a la grava.



Figura VI.86 y 87. Detalle de restauración desconchada por una mala adherencia del mortero de reparación y detalle de desconche con pérdida de material y posterior reparación de una de ellas, vértice con lavado de cemento de una posible mala mezcla de la dosificación o falta de estanqueidad en el encofrado.



Figura VI.88. Detalle de pérdida de material tapada con una restauración infructuosa dado que gran parte de ella ha desaparecido.

La pérdida es tal que se aprecia claramente la armadura interior, los desconches se van sucediendo de continuo. Se ve en la parte superior que aparece la evolución de una de ellas. La factura artística de la escultura es excelente. Pero debido a su estado de conservación, es más apropiado mantenerla bajo cubierto para evitar que la humedad se filtre por esa cantidad de intersticios que tiene, lo que sumado a las heladas que padece la capital proporcionarían un continuo desconche de la pieza.

Fuentes del Olmo, Miguel (1940-

Aporto aquí una pequeña parte de su discurso de recepción como Académico Numerario de la Real Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría donde indica el porqué del uso del hormigón en su obra.

“Como escultor, como profesional de la escultura he pretendido fundir el objeto materia dentro de un espacio habitable frente al mundo actual que nos rodea, haciéndonos volver al espacio primario que es el interior del hombre. Mis obras se integran en el espacio, como colgantes intencionadamente lúdicos. Las líneas el ritmo juegan dando formas con una libertad que en ocasiones llegan a ser como un sueño metafísico que va en pos de una dinámica espacial.

La investigación de las formas espaciales se inicia con los primeros encargos. Cuando me planteo su feliz resolución, de cuyos éxitos se deriva el conocimiento y el adiestramiento en los distintos materiales de nueva capacidad y baja economía como sería el cemento. Esto viene dado en el momento que observamos las dificultades y deficiencias en el uso del hormigón visto en los resultados de otros artistas. Poco a poco, he tratado de alejarme de los materiales de altos costos, como serían el bronce, madera, piedra, etc., estos han sido siempre apropiados en obras escultóricas tradicionales como materias definitivas. Siendo justificable por la premura del encargo, con presupuestos bajos ya preconcebidos y tiempo escaso de ejecución, colocación repaso y patinado.

Mientras realizo en la estatuaria obras de enfoque expresionista, en los murales paso a la abstracción o, lo que es lo mismo, las formas que van surgiendo de la experiencia abstracta la voy aplicando, como sí de un mecano se tratara, a la figuración. Así se puede constatar continuamente formas abstractas integradas en los ropajes de obras expresionistas. Y es aquí, en este momento, cuando considero mi obra cristalizada. Aparte de obras anteriores más o menos logradas, ahora es cuando puedo decir que alcanzo de manera definitiva la madurez. La maestría es presumible que fuera aprendida mucho antes por entenderla como el dominio de las técnicas y procedimientos. En estos momentos, creo poseer la praxis sobre los elementos materiales para poderlos usar de forma verdaderamente propia, vistos desde un plano superior. Para ello he seguido un camino dialéctico, apartando en ocasiones la comunicación directa, un lenguaje del signo, inmerso en las formas recónditas del gran paramento. Tratando de expresar la transparencia del espíritu humano por medio de formas vibrantes, convulsionadas en la interpretación expresionista.

En el modelado de mi obra trato de dar un sentido moderno de superficies cóncavas y convexas, en cuyos trazos generales que la recorren de arriba abajo y de un lado a otro le dan un sentido meditativo a la superficie. Las improntas y arañazos realizados con maderas, sierras y clavos le dan un efecto realmente indescriptible. La obra, ya sea figurativa o abstracta, está inmersa en esa búsqueda. Lo que no cabe duda es que tanto en la figuración como en la abstracción la búsqueda es una constante. Interesando penetrar en la parte sólida de los cuerpos desentrañando la luz interior, el secreto de la comunicación.

Cuando abandono la idea de figuración me entrego poco a poco a una búsqueda orientada hacia la materia proyectada al espacio.

Observando las abstracciones, encontramos ciertas semejanzas con las figuraciones, y si observamos las figuraciones, hallamos formas que empleamos en las

abstracciones, ya que lo que trato de plasmar en sí es el carácter psicológico, el fondo espiritual que acompaña a mi producción.”¹⁷

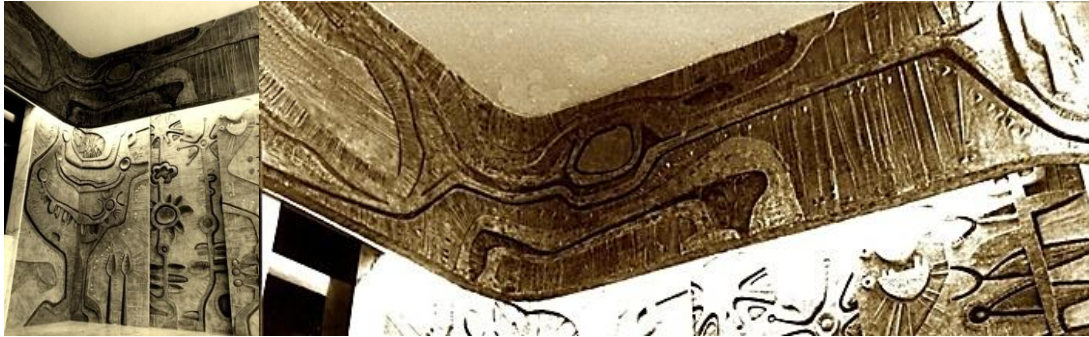


Figura VI.89 Fuentes del Olmo, *Mural de “Casa de Médicos”*, 1969. Figura VI.90. Fuentes del Olmo, *Mural de “Casa de Médicos”*, 1969.

Para esta ocasión Fuentes del Olmo realiza un relieve de veinte metros cuadrados según técnica realizada en negativo y patinado in situ, tanto sobre la paredes como un friso colgado del forjado superior haciendo un cajeado para colocar luminaria y destacar el relieve del paramento.

Para resaltar los relieves utiliza las pátinas normalmente en las oquedades potenciando el volumen.



Figura VI.91. Fuentes del Olmo, *Mural en los Boliches*.1970.

En 1970 realiza un conjunto de dos murales de hormigón con vidriera, se realizan en técnica de modelado en negativo en barro realizado en cuatro módulos cada uno. En las zonas con menos espesor introduce trozos de vidrio de 2 cm que quedan enmarcados en una lámina de hormigón.

¹⁷Discurso de recepción como Académico Numerario de la Real Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría Aportado por el artista. FUENTES DEL OLMO, Miguel. (2000). *Discurso de recepción*. Sevilla: Real Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría de Sevilla.



Figura VI.92 a 94. Fuentes del Olmo, *mural en los Boliches* 1970.

Una vez fraguado el escultor patinaba las piezas para dar más profundidad con acrílico en un tono verde en las zonas más profundas, forzando el relieve para ser mejor entendido en momentos o lugares de luz uniforme. En otras zonas que quería enfatizar las patinaba en colores cálidos, siempre con acrílicos.



Figura VI.95 y 96. Fotografía del escultor en la parte interior de la iglesia de los Boliches en 1970.

Ese mismo año en 1970 se le encarga en la misma localidad un mural con vidrieras de ciento cincuenta metros cuadrados para la iglesia de los Boliches, normalmente para hacer este tipo de relieves con vidrieras, utilizaba marcos de un metro por un metro aproximadamente, en esta ocasión utiliza marcos en forma rectangular dispuestos en vertical. También en este relieve se aprecia la pátina aplicada al relieve para potenciar el volumen.



Figura VI.97. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970.

En Jaén y también en ese mismo año realiza un mural para el edificio del Parque de los Sindicatos. Según conversación mantenida con el escultor este relieve es la primera pieza escultórica andaluza totalmente abstracta.



Figura VI.98. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970.



Figura VI.99. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970.

El escultor realiza dos frisos para un edificio, uno de ellos, la abstracción tiene un sentido que tiende a la horizontalidad dentro de una superficie rectangular apaisada, mediante unas líneas engrosadas en un paramento de rugosidades menos contrastadas. Este paramento lo realiza en módulos de setenta y cinco por cien centímetros, los cuales va uniendo y anclando al edificio, una vez terminada esta operación, repasa las juntas entre módulos con un mortero semejante al que utilizó al realizar las coladas del relieve dejando así una superficie del mural visualmente continua.

Para el anclaje el escultor recibió en el almacén de cada uno de los diferentes paneles garras metálicas que posteriormente permitían su fijación en el paramento¹⁸.



Figura VI.100. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970.

¹⁸Esta información viene de la respuesta dada por el mismo escultor al doctorando a la pregunta: ¿Cómo anclaban los relieves al paramento? En el correo electrónico del 22/03/2013 entre el doctorando y el escultor.



Figura VI.101a. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970. Figura VI.101. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970.

En el otro frente del edificio el relieve también es de una superficie rectangular apaisada alargada, pero esta vez la abstracción está marcada con un predominio de líneas verticales y un grafismo más marcado y abundante.

Se aprecia claramente la utilización de módulos de dimensiones aproximadas de cincuenta por cincuenta centímetros.

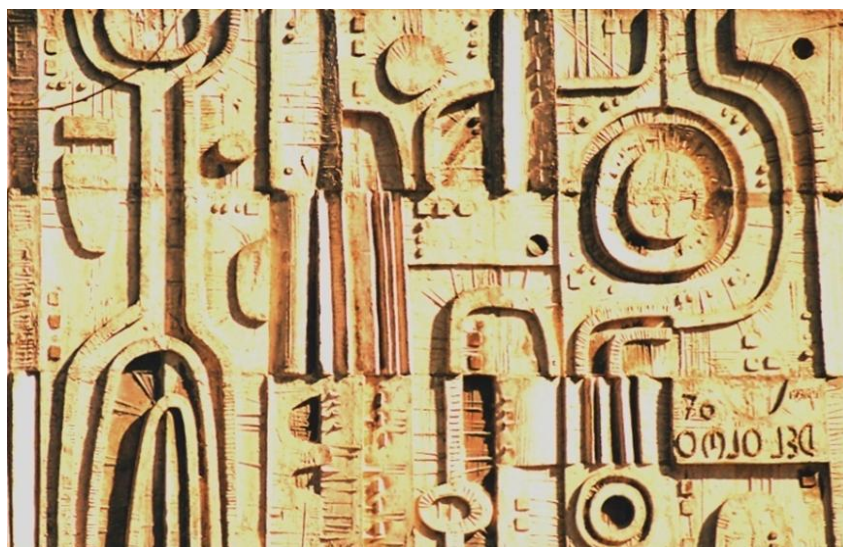


Figura VI.102. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970.

En esta última fotografía del mural de sindicatos se aprecian muy claramente los módulos de ejecución en negativo que, según comentó el autor en la conversación mantenida, según modelaba dejaba marcas en los siguientes modelados para tener nexos de unión entre ambas; es decir, los módulos estaban realizados en marcos de cincuenta por cincuenta

centímetros y dentro de ellos introducía el barro que modelaba en negativo, para que hubiese concordancia con los módulos linderos y poder continuar el grafismo.

Un ejemplo de ello se puede ver en la fotografía anterior, en la parte superior derecha, donde existe una especie de sol que está compartido por cuatro módulos a la vez y una vez anclados al paramento del edificio se repasaron las juntas para unificarlo.

De no utilizar esta técnica el relieve queda más inconexo pareciéndose más a una trama.



Figura VI.103 y 104. Fuentes del Olmo, *Mural en el portal del edificio Neptuno*, 1971.

En 1971 se le encarga un mural y el revestimiento de unos pilares, para el edificio Neptuno de Granada.



Figura VI.105 y 106. Fuentes del Olmo, *Mural en el portal del edificio Neptuno*, 1971.

En esta ocasión el escultor combina varias técnicas, mural sobre lámina de agua, pilares forrados con acero y mural anexo de travertinos también realizados por el mismo escultor.

El mural esta realizado en hormigón mediante la técnica de modelado en negativo, anclado al paramento, repasadas las juntas y aplicada una pátina a base de pintura acrílica en zonas con más oquedad, dicha pátina la da con más o menos intensidad tonal, para generar un efecto de mayor o menor profundidad.

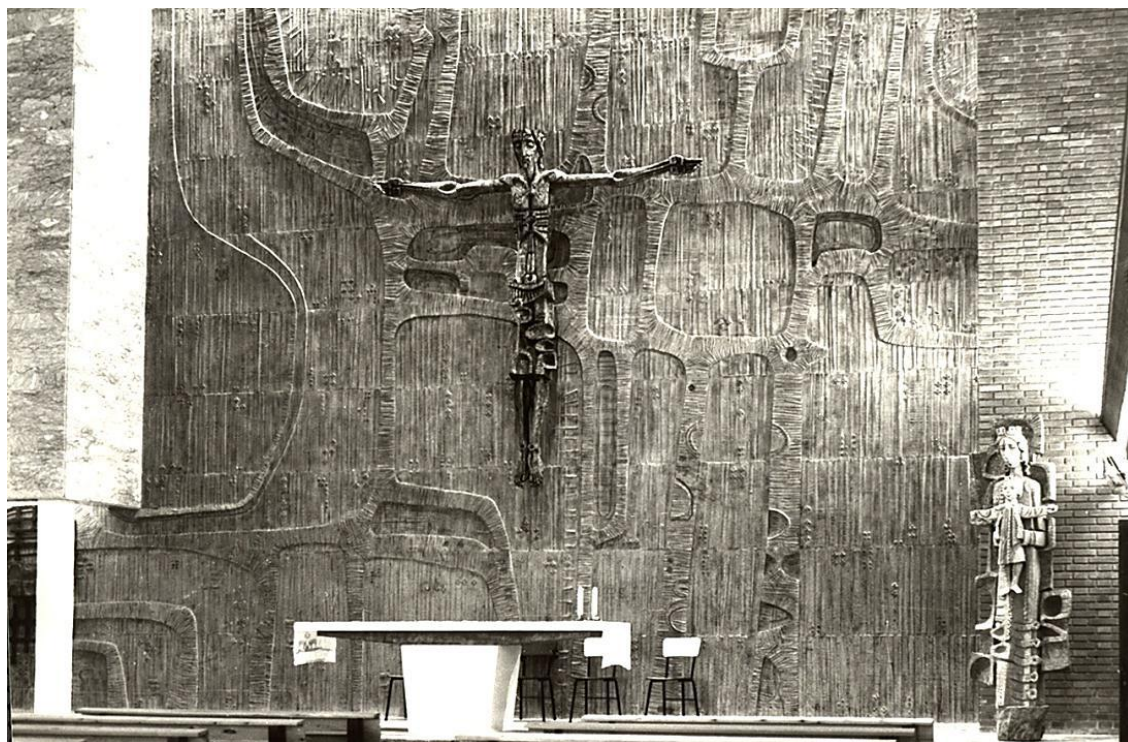


Figura VI.107 Fuentes del Olmo, *Mural en el Colegio Mayor de los Salesianos en Córdoba, 1973.*

En 1973 se le encarga el mural central de la iglesia de los Salesianos en Córdoba con una superficie de cien metros en un solo paño, lo realiza en módulos de un metro cuadrado con la técnica de modelado en negativo, para que exista una coherencia en este tipo de trabajos con tanta superficie el artista realiza dibujos preliminares con el diseño del conjunto, este dibujo se realiza a escala y con una retícula que coincide con la organización de los módulos.

Una vez que se empieza en modelado se debe realizar un proceso organizando, cada uno de los módulos debe estar referenciado en un lugar de la retícula, el modelado se debe realizar no solo con un módulo sino con los módulos linderos para tener una referencia para que los grafismos queden hilados.

En todo momento cada módulo debe estar georreferenciado para que una vez fraguado se sepa cuál es el lugar exacto de cada uno de ellos dentro del conjunto del relieve en el

momento del anclado. Una vez anclado se repasan las juntas para dar más uniformidad al conjunto con el mismo mortero con el que se realizó la masa original del relieve.

En este relieve también se aprecian pátinas posteriores realizadas en acrílico en especial en alguna de las oquedades para potenciar su profundidad.

Se aprecia que el mismo grafismo lo utiliza también tanto en el Cristo como en la imagen de la Virgen María Auxiliadora, esta última imagen de 300 cm de altura también realizada en hormigón que se comentará más tarde.

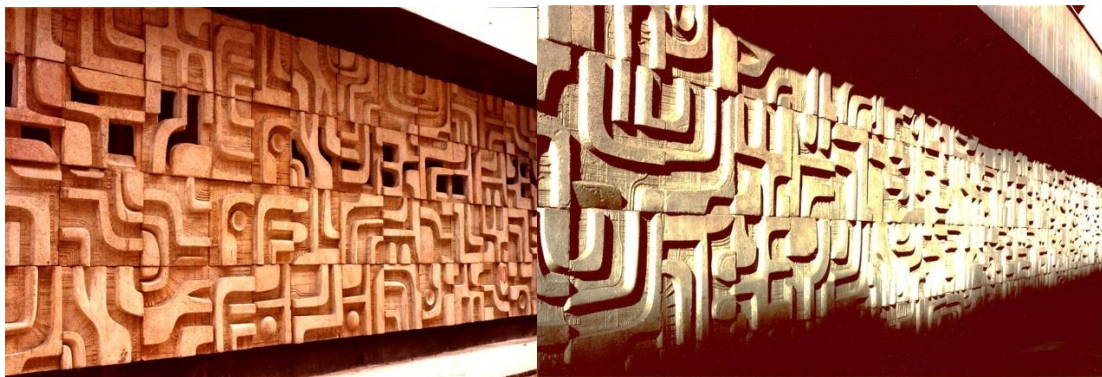


Figura VI.108 y 109. Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973.



Figura VI.110. Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973.



Figura VI.111. Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973.

En 1973 se le encarga un mural para toda la planta baja de un edificio situado en Madrid muy cercano al eje de López de Hoyos a la altura de la calle María de Molina. El mural era de mil doscientos metros cuadrados y el artista adoptó la solución de realizar diez únicos módulos, con moldes de caucho con madre formas de Hormigón, estos moldes fueron muy estudiados para que se pudiesen colocar de distintas maneras y realizasen distintas combinaciones satisfactorias.

Cada módulo tenía una escuadría de un metro por un metro y en los casos en que hubiese un hueco o ventana posterior se recortaban partes de los mismos para dejar pasar la luz no haciéndolos macizos.

El hormigón al ser un material que se realiza mediante vaciado o vertido en un encofrado, tiene la ventaja de que si el molde es reutilizable, puede ser reproducido tantas veces como el molde aguante, en casos como este con moldes bien estudiados para que puedan cumplir mediante giros de los mismos o distintas combinaciones entre ellos una sensación de conjunto con la compenetración entre ellos, para ello se deben de realizar dibujos preliminares de los módulos y el estudio con las distintas combinaciones. Como ejemplo de dicho estudio, la figura VI. 112.

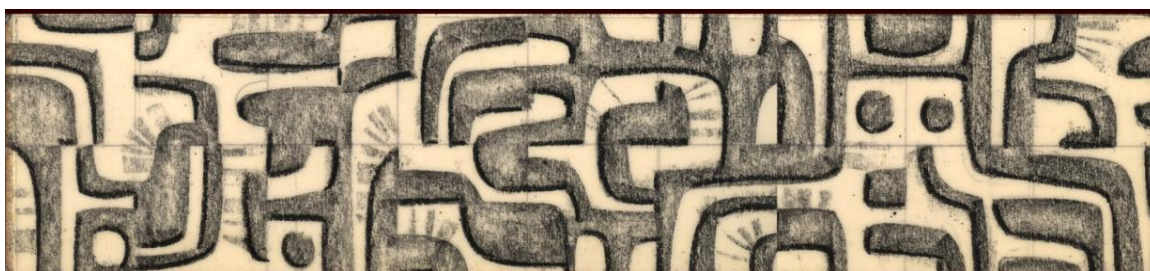


Figura VI.112. Fuentes del Olmo, *relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973. Dibujo preliminar a los murales para módulos.



Figura VI.113 y 114 Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973. . Detalles.

La rugosidad de los relieves ha hecho que los graffiteros no se fijen en esta superficie. La calidad del material, la buena ejecución y el abrigo del techo de la planta superior hacen que el estado del relieve sea excelente.



Figura VI.115 Fuentes del Olmo, *Mural en el Hotel Don Miguel*, 1973.



Figura VI.116 y 117. Fuentes del Olmo, *Mural en el Hotel Don Miguel*, 1973. Detalle.

Se aprecian los módulos realizados en negativo con escuadrías de un metro por un metro, anclados y repasados posteriormente las juntas para generar más la integración del conjunto; esta vez destaca una textura más vertical dentro de un formato rectangular muy apaisado.

En los relieves al exterior no suele utilizar pátinas dado que la propia luz solar hace destacar el relieve con sus propias y arrojadas.

Para formatos tan grandes en los que en el taller de trabajo no se puede habitualmente tener la posibilidad de tener todo el mural desplegado se debe realizar como en los casos anteriores con un orden y basándonos en unos bocetos preliminares donde las piezas estén referenciadas de cómo y dónde deben de ser colocadas.



Figura VI.118. Fuentes del Olmo, *Mural en el Hotel Don Miguel*, 1973. Bocetos preliminares.

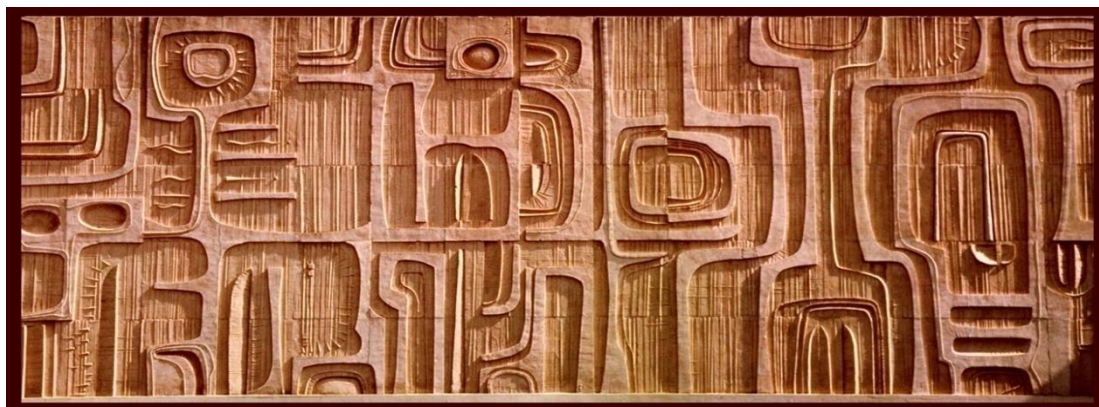


Figura VI.119 Fuentes del Olmo, *Mural en el Hotel Don Miguel*, 1973.

Se aprecia el repasado posterior perfectamente aplicado para unir las piezas dando sensación de uniformidad al mural.

Para desencofrar los módulos del barro crea un desencofrante a base de gasóleo y aceite de orujo a partes iguales, dicho desencofrante lo aplica mediante pulverizador¹⁹. Una vez utilizado el molde de barro en negativo y haber desmoldado la pieza del hormigón, el barro había quedado impregnado en su parte superficial de la solución desencofrante, para poder quitar esa capa ya inútil y reutilizar el resto del barro del molde, con un hilo cortaba el barro impregnado de desencofrante, lo tiraba, rellenaba los huecos del barro, con más barro sin ensuciar y creaba un módulo nuevo.

¹⁹Hoy en día existen gran cantidad de productos desencofrantes para el hormigón algunos de ellos no son procedentes de derivados del gasóleo, menos grasos, prácticamente sin olor y con la . ventaja de no dejar manchas, la información sobre este tipo de productos está recogida en el Capítulo II *Técnica del hormigón aplicada a la Escultura* dentro del apartado II-6.6.1 *Desmoldeantes*.

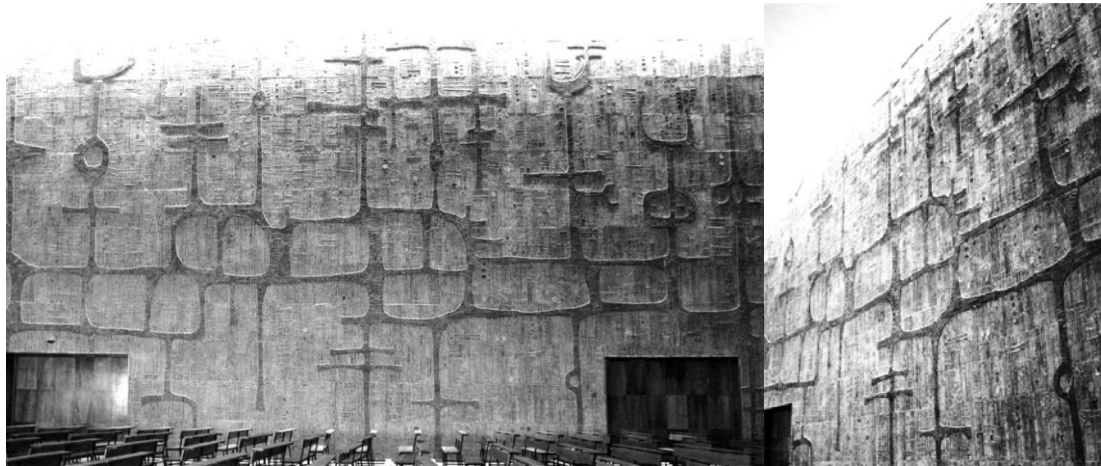


Figura VI.120. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los Salesianos*, 1973. Figura VI.121. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los Salesianos*, 1973.

Mural de gran altura, de diez metros, realizado en negativo, anclado al paramento, posteriormente repasadas las juntas y patinado. Fuentes del Olmo en este mural trató las piezas con barniz de Copal y posteriormente reforzó el volumen de la pieza mediante una pátina con acrílico. En la tesina depositada por el escultor en la Facultad de Bellas Artes de Madrid viene una completa descripción de todo el trabajo de la realización de este relieve²⁰.



Figura VI.123. Fuentes del Olmo, *Mural fuente Homeyas*, 1977.

²⁰Todo el proceso realizado para construir este relieve viene muy bien explicado por el mismo artista en una tesina que realizó para la convalidación del título y está depositada en la biblioteca de la Facultad de Bellas Artes de Madrid. FUENTES DEL OLMO, Miguel.(1982). *Murales de hormigón y materiales empleados para su ejecución*. Madrid: Facultad de Bellas Artes de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Escultura, Tesina de convalidación inédita.



Figura VI.124 y 125. Fuentes del Olmo, *Mural fuente Homeyas*, 1977.

En 1977 se le encarga realizar un mural en el edificio Omeyas de Granada, este es realizado en módulos cuadrados de de 133 cm con un grafismo parecido a los realizados en Madrid pero esta vez con una definición más detallada, sin que los volúmenes profundicen tanto, repitiendo y girando también varios módulos, repasando juntas una vez anclados al paramento y posteriormente aplicada una pátina acrílica.

En la fotografía se aprecia el lavado de la pátina por la acción del agua de la fuente que existe en su parte inferior.



Figura VI.126. Fuentes del Olmo, *Mural para la fachada de la Farmacia Osorio* 1974.

En un encargo para un mural de la *Farmacia Osorio* de Jaén, esta vez realiza un mural mucho más homogéneo que los anteriores no apreciándose ninguna línea de los distintos marcos de realización ni de repaso el mural, estando también realizado en modelado en negativo y potenciando mediante pátina acrílica algunos de los volúmenes salientes y no los entrantes como realiza habitualmente.



Figura VI.127. Fuentes del Olmo, *Portal de Proalsa en Cánovas* 1975.

En el detalle del portal de Proalsa en Cánovas, Málaga, se aprecia cómo ha aplicado también el barniz de copal, en esta ocasión dado que existían algunas piezas estructurales dentro del portal que había que ocultar mediante el relieve no solo utilizó la técnica de modelado en negativo sino que también hubo que realizar modelados en positivo y reproducidos con el molde de escayola, en concreto en el forrado de los pilares.



Figura VI.128 y 129. Fuentes del Olmo, *Portal de Proalsa en Cánovas* 1975.

La vidriera se realizó en marcos de 100x100cm con trozos de vidrio de dos centímetros que una vez colocados repasó con mortero para ocultar las juntas.

En este mural incorpora dentro del modelado en negativo texturas textiles dejando huellas del mismo en el barro con telas de arpillera y sacos, tal y como se muestra en el detalle de la fotografía superior.



Figura VI.130 y 131. Fuentes del Olmo, *Fachada para el edificio de COPYRSA* 1975.

En las figuras VI 130 y 131 se aprecia el momento de la ejecución y el edificio ya terminado, las piezas son modulares y repetidas por planta, fueron realizadas en tallado en poliestireno expandido, de estas tallas fueron sacados unos moldes de caucho con madre forma de hormigón de donde se reprodujeron los módulos por cada planta. En la cara trasera de cada módulo hormigonado sobresalían unas pletinas de acero conectadas con la armadura interna de cada pieza, al colocar cada una de los módulos en la fachada se anclaban a la misma soldando estas pletinas a la estructura del edificio.

Actualmente este tipo de intervenciones en edificios se realizan en fabricas de prefabricados de hormigón en ellas nos podemos asegurar una correcta ejecución de los módulos y una homogeneización de las piezas, tanto en igualdad de la dosificación de la pasta como de los parámetros físicos del fraguado y endurecidos del mismo. Siendo todo el proceso mucho más sencillo para el escultor, garantizándole la calidad y el plazo de ejecución de las esculturas seriadas.



Figura VI.132. Fuentes del Olmo, *Mural para el portal del edificio COPYRSA*, 1975.



Figura VI.133 y 134. Fuentes del Olmo, *Mural para el portal del edificio COPYRSA*, 1975.



Figura VI.135 y 136. Fuentes del Olmo, *Mural para el portal del edificio COPYRSA*, 1975.

Ese mismo año y para el mismo edificio Miguel Fuentes del Olmo se encarga de la realización de un mural para los dos laterales del portal de la finca, este se realiza en la técnica de modelado en negativo, anclado, repasadas las juntas *in situ* y patinado de uniformidad y potenciación de oquedades. Un trabajo así debe de estar muy bien organizado especialmente por la forma del perfil donde debe ser encajado, una prueba de ello son los estudios preliminares los bocetos facilitados por el escultor.

Para esta ocasión el escultor incorpora dentro del relieve fundamentalmente abstracto algunas figuras representativas y alegorías de la ciudad de Málaga.

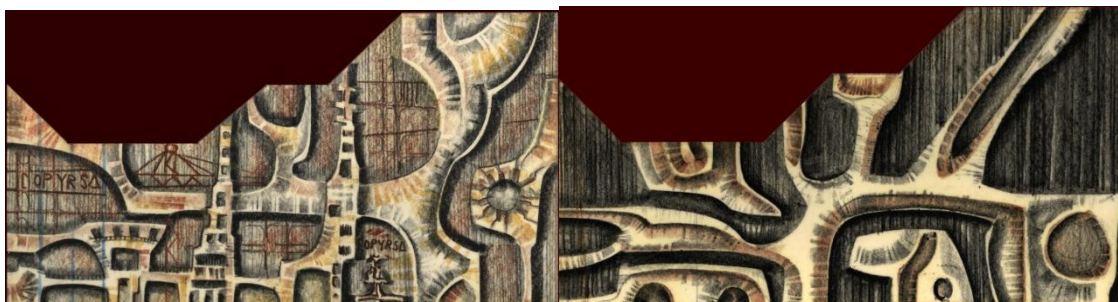


Figura VI.137 y 138. Fuentes del Olmo, *Bocetos preliminares para el portal realizado en el edificio de COPYRSA*, 1975.



Figura VI.139. Fuentes del Olmo, *Mural en La Castellana de Madrid*, 1978.

Con doble función estética y para ocultar una anodina entrada de aire le encargan a Miguel Fuentes del Olmo, en 1978, unos murales junto al Museo de Escultura Contemporánea al aire libre de Madrid.

En este relieve fuerza más el volumen para dar una sensación de escultura volumétrica en bloque, dejando sobresalir los laterales el relieve frontal sobre los laterales.



Figura VI. 140 y 141. Detalle de “mural realizado en La Castellana de Madrid”, 1978.

En la parte trasera y superior no vistas en las figuras VI 139 a 141 aportadas van unas lamas de acero que permiten el paso del aire al interior de su edificio. Desgraciadamente en la actualidad no existe, habiendo sido sustituido por otra escultura sin previo aviso al escultor.

La escultura fue realizada en positivo desde una talla en poliestireno expandido con negativo en escayola y vaciado en hormigón armado.



Figura VI.142 y 143 Fuentes del Olmo, *Mural y vidrieras en la iglesia de Puerto Banús*, 1978.

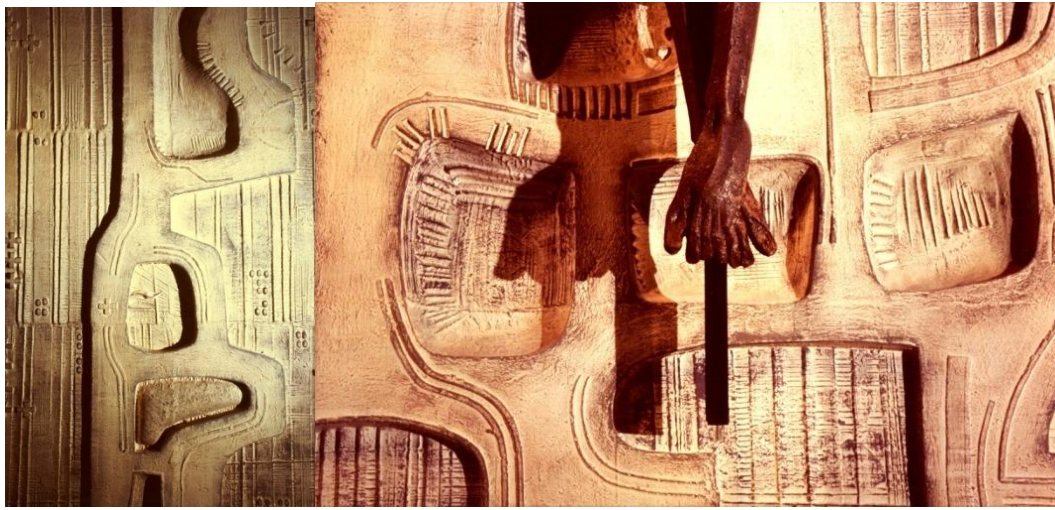


Figura VI.144 y 145. Fuentes del Olmo, *bajorrelieve iglesia de Puerto Banús*, 1978.

En 1978 realiza los murales y vidrieras para la Iglesia de *Puerto Banus* en la provincia de Málaga, este relieve lo realiza con la técnica de modelado en negativo en piezas de 100x100 cm aproximadamente, ancladas al paramento, repasado de juntas con el mismo mortero de realización y patinado del relieve con pintura acrílica dando en general énfasis a alguna de las oquedades.

También para esta ocasión planificó el relieve desde unos bocetos iniciales e identificación para cada una de las piezas del conjunto.



Figura VI.146. Fuentes del Olmo, *Mural y vidrieras en la iglesia de Puerto Banús*”, 1978. Bocetos preliminares a la realización.

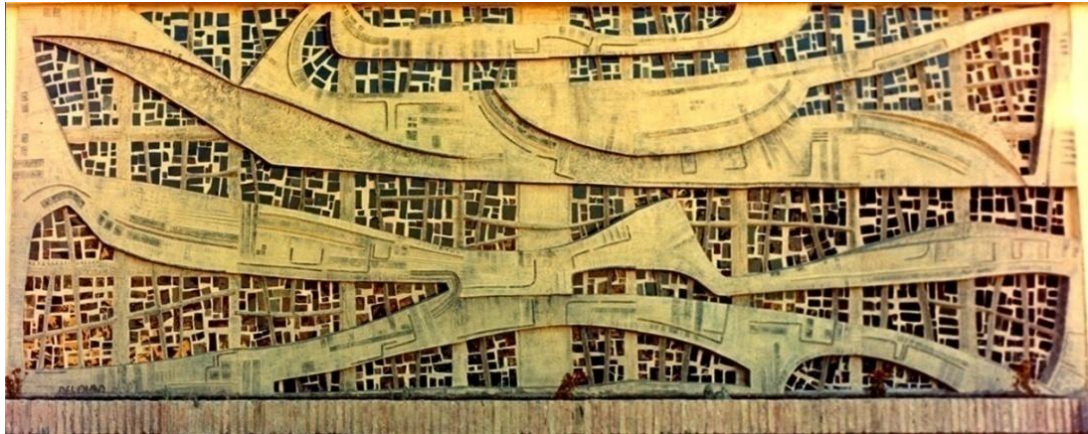


Figura VI.147. Fuentes del Olmo, *Mural de la Facultad de Teología*, 1979.



Figura VI.148. Fuentes del Olmo, *Mural de la Facultad de Teología*, 1979, fotografía en el estado actual.

Mural con vidrieras para la Facultad de Teología de Granada, realizado con la técnica de modelado en negativo, en el mismo proceso del modelado en negativo se incorporan sobre el barro las piezas de vidrio tal y como se explica en la imagen inferior. Se puede observar que el mural ha perdido algo de la pátina para el forzado del volumen.



Esquema de realización de relieve en negativo en hormigón armado con vidrieras.

Figura VI.149. Esquema de realización de vidrieras junto con modelado en negativo para hormigón armado.



Figura VI.150. Fuentes del Olmo, *Mural y vidrieras de la facultad de Teología de Granada*. 1979. Detalle del reverso

En la figura VI.150 se aprecia la parte posterior al mural, sabiendo que iba a quedar vista, decidió el modelado del reverso en un modelado de relleno y simplemente para texturizar unas superficies inertes, con el cemento fresco; de esta manera dejó texturas no tan vivas por la técnica, pero mejorando el aspecto planimétrico del reverso que hubiese quedado sin tocarlo.



Figura VI.151. Fuentes del Olmo, *Mural en el interior de la iglesia de la Facultad de Teología de Granada*, 1979.

Dentro de la Facultad de Teología de Gradada pegado a uno de los laterales traseros del relieve-vidriera exterior realizado por el escultor, se le encarga un relieve para la parte posterior al altar de la capilla, también lo realiza con la técnica de modelado en negativo, anclado al paramento, repasado en juntas con mortero semejante al de las piezas y dada una pátina de uniformidad al relieve con acrílico.



Figura VI.152. Fuentes del Olmo, *Mural en fachada en la Plaza Vieja de Andújar*, 1979.

Mural en la plaza Vieja de Andújar,- figuraVI 152- realizado en técnica de negativo anclado al paramento, repasado posterior con mortero similar al utilizado en la piezas y esta vez sin pátina dejando que las distintas luces del día redibujen el relieve, en piezas de 150x150x10 cm .



Figura VI.153. Fuentes del Olmo, *Mural en fachada en la Plaza Vieja de Andújar*, 1979.



Figura VI.154. Fuentes del Olmo, *Mural en fachada en la Plaza Vieja de Andújar*, 1979.

Se observa en los detalles de las fotografías superiores, que con el paso del tiempo le han surgido trazos de suciedad, podemos apreciar una mala gestión de rebosaderos y vierteaguas.

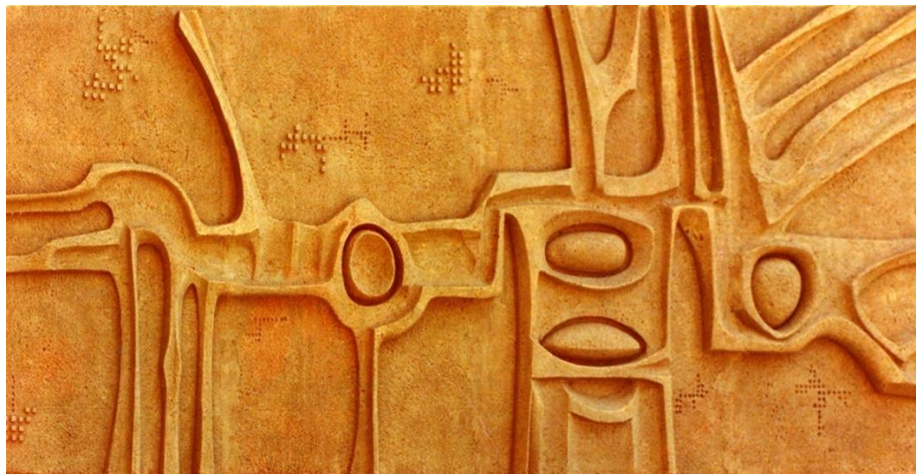


Figura VI.155. Fuentes del Olmo, *Mural en Almuñécar*, 1979.

Este mural realizado para una fachada en Almuñécar fue realizado tallando el positivo en poliestireno expandido y molde de escayola; los puntos de pequeño tamaño que se aprecian en el relieve según comenta el escultor fueron realizados quemando el poliestireno expandido con un cigarrillo.



Figura VI.156. Fuentas del Olmo, *Mural en Almuñécar*, 1979.



Figura VI.157. Fuentas del Olmo, *Mural en Almuñécar*, 1979.



Figura VI.158 y 159. Fuentas del Olmo, *Mural en salón particular en Granada*, 1981.

Mural para un salón particular de una vivienda de Granada, realizado en talla de poliestireno expandido con moldes de escayola, vaciado en hormigón, anclado al paramento, repasado in situ, para disimular las juntas.

Con esta técnica los relieves los realiza con grafismos más voluminosos y modelando los vértices más afilados que no destacaban en la técnica de relieves en negativo, los paños son más espaciados y tersos no incorporando detalles pequeños que crean una textura global.



Figura VI.160. Fuentes del Olmo, *Mural en la notaría de Andújar*, 1978.

Realizado en talla de poliestireno expandido en positivo, con molde de escayola y vaciado en hormigón, anclado al paramento y repasadas las juntas entre las piezas que en esta pieza son prácticamente inapreciables.



Figura VI.161. Fuentes del Olmo, *Mural en la notaría de Andújar*, 1978.

Se aprecian patologías de suciedad sobre la pieza adquirida por la parte inferior de la pieza al estar sumergida en agua, dichas patologías de sencilla reparación, con limpieza mediante agua y jabón con cepillo de cerda dura no metálica.



Figura VI.162. Fuentes del Olmo, *Mural en Guarderas*, 1982.

Mural realizado en Guardenas con la técnica de modelado en negativo, anclado al paramento, con repaso de juntas entre piezas con el mismo mortero que ellas y pátina posterior para reforzar el volumen, esta vez en las zonas de más alto relieve ha dejado visto el material original haciéndolo destacar sobre el resto.

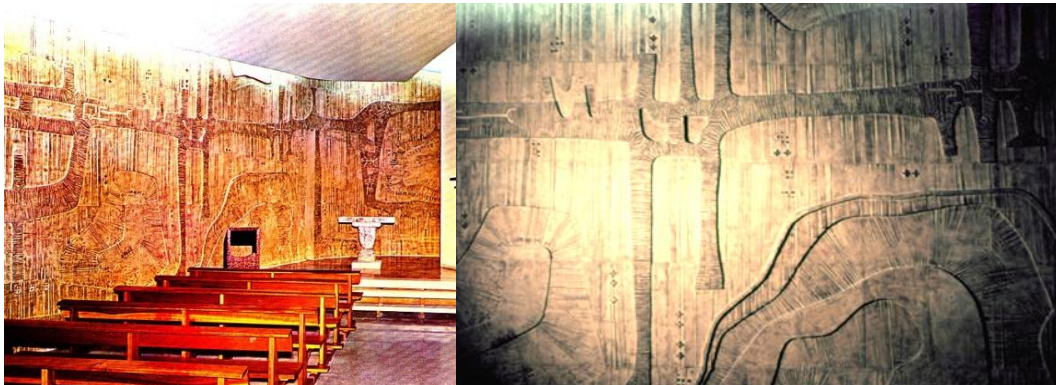


Figura VI.163 y 164. Fuentes del Olmo, *Mural en casa de ejercicios San Pablo*, 1982.

Mural realizado con la técnica de modelado en negativo, anclado al paramento, repasado de juntas entre piezas con mortero semejante al de las piezas y patinado posterior para refuerzo de volumen. Esta vez realiza un relieve más cargado de grafismo y textura de lo realizado hasta la fecha e incorporando signos no legibles.



Figura VI.165. Fuentes del Olmo, *Mural en casa de ejercicios San Pablo*, 1982.



Figura VI.166. Fuentes del Olmo, *Mural en casa de ejercicios San Pablo*, 1982.

Se aprecia en la imagen superior como el artista consigue cada vez más en este tipo de trabajos como disimular las líneas formadas por las juntas entre piezas del relieve, intentando englobarlas en el dibujo del relieve lo más posible.

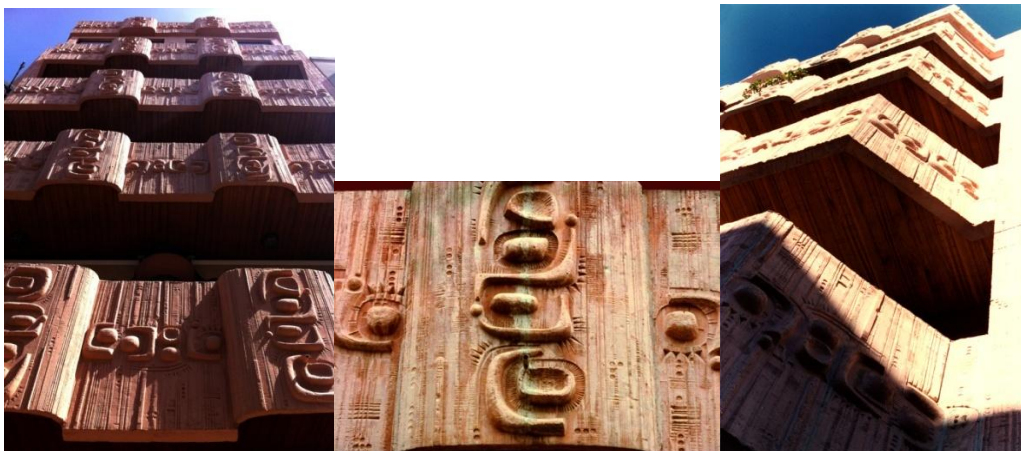


Figura VI.167 a 169. Fuentes del Olmo, *Murales en parapetos de casa en Andújar*, 1980.

Relieves en frentes de terraza de edificio construido en Andújar, realizados en la técnica de modelado en negativo positivo en escayola y realizado moldes de caucho con madre forma de hormigón armado para realizar el seriado de los módulos.

En este tipo de proceso una vez obtenida la escayola en positivo también se puede realizar sobre ella una talla en negativo antes de realizar el molde de caucho de esta manera se pueden conseguir oquedades que son difíciles de obtener en el modelado en negativo de barro, como ejemplo esas incisiones triangulares que tiene el relieve central superior, pequeños puntos circulares o esas ralladuras horizontales.

Para este tipo de trabajos modulares se dejan vistas en su parte posterior placas de anclaje o pletinas para soldar en la estructura del edificio. Una vez anclados los módulos a forjados o pilares se repasan las juntas entre módulos dando uniformidad a los frentes de relieve.

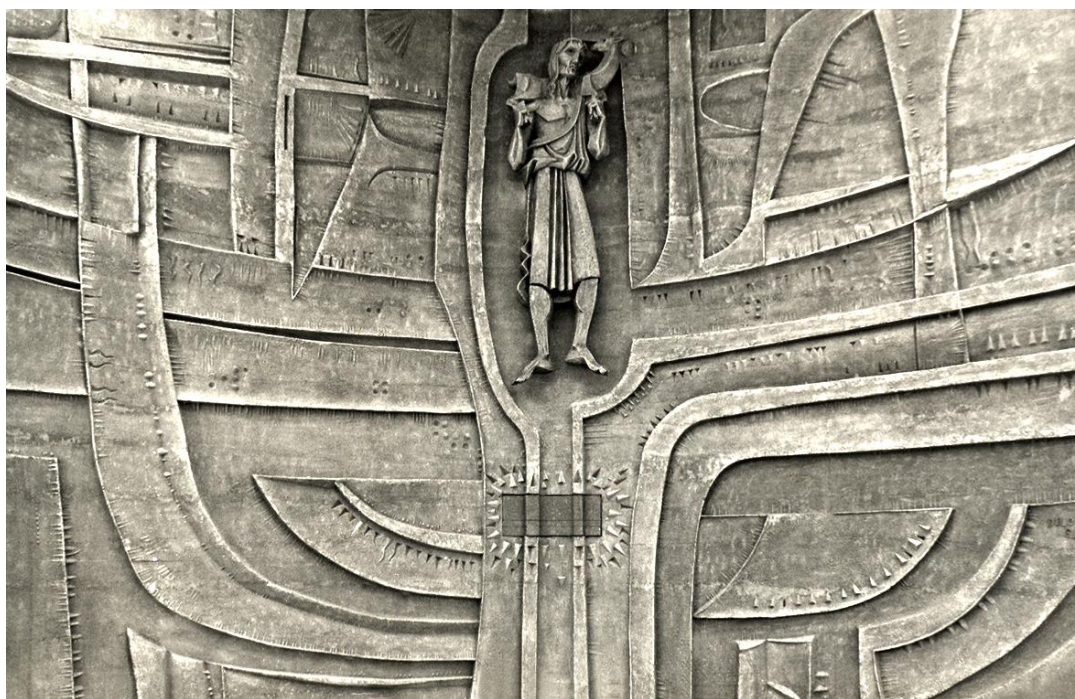


Figura VI.170. Fuentes del Olmo, *Mural en Iglesia del Polígono de la Cartuja* 1981.

El mural realizado para la Iglesia del Polígono de la Cartuja en Sevilla fue esculpido con la técnica de modelado en negativo en barro, ancladas las piezas en el paramento, repasadas las juntas con mortero semejante al utilizado en los módulos y aplicada pátina de acrílico de uniformidad y refuerzo de volúmenes en este al igual que en el *Mural de Guarderaslava* la pátina en las partes con más alto relieve dejando el material original a la vista, produciendo un efecto de afilado de aristas.



Figura VI.171 y 172. Fuentes del Olmo, *Mural en Iglesia del Polígono de la Cartuja* 1981.

Se puede observar como ya en los años ochenta ha depurado la técnica que es muy difícil localizar ya las juntas de los ensambles de las distintas piezas que componen el relieve



Figura VI.173 y 174. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987.

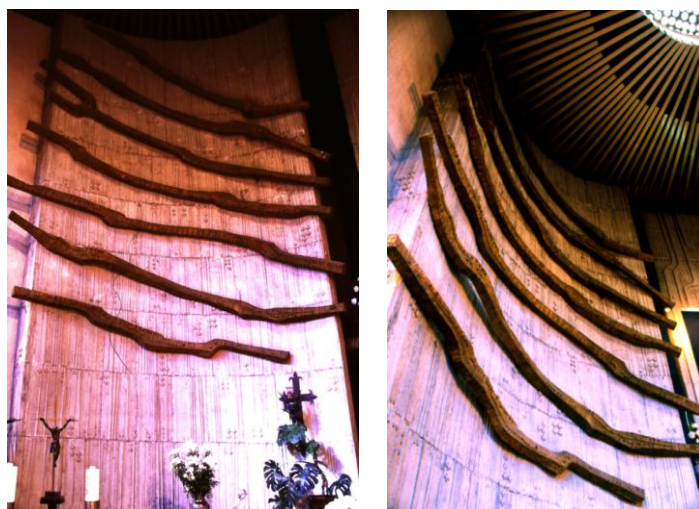


Figura VI.175 y 176. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987.

Mural realizado en hormigón con técnica de negativo y repasado in situ para tapado de juntas entre módulos para esta ocasión el escultor presenta paños diferentes de ocho metros de altura. Los dos planos más visibles a los lados del altar son de piezas muy homogéneas y similares con una textura similar, para romper esa repetición el escultor los coloca unos elementos longitudinales en dirección radial con centro en la imagen de la Virgen María, como símbolos de efluvios divinos que emanan de la imagen Mariana, estos elementos los realizó en resina de poliéster policromados en bronce.



Figura VI.177 y 178. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987. Detalle de las piezas posteriores.

Mientras que la parte anterior del mural no tenían grafismos ni prácticamente relieves dejando solo textura excepto los elementos longitudinales, en los paños de la parte posterior si le aplica relieves y grafismos pero esta vez no se les da una pátina dejando que la luz que les da desde los laterales potencie el relieve.

Dejando los paños menos definidos y sin pátinas solo se aprecia la textura según te vas acercando dejando los planos carentes de relieve en la distancia.

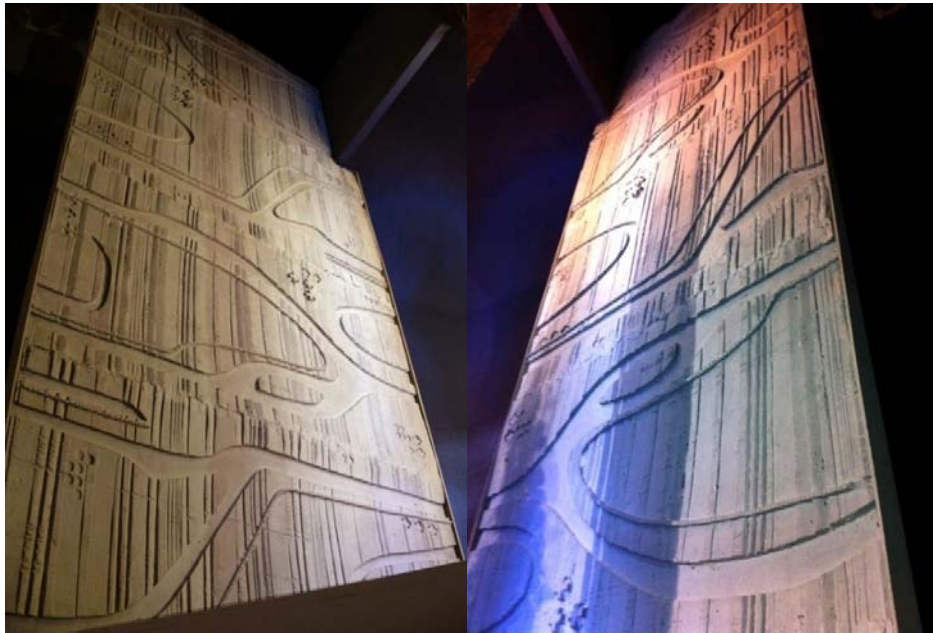


Figura VI.179 y 180. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos*, 1987. Detalle de las piezas posteriores.

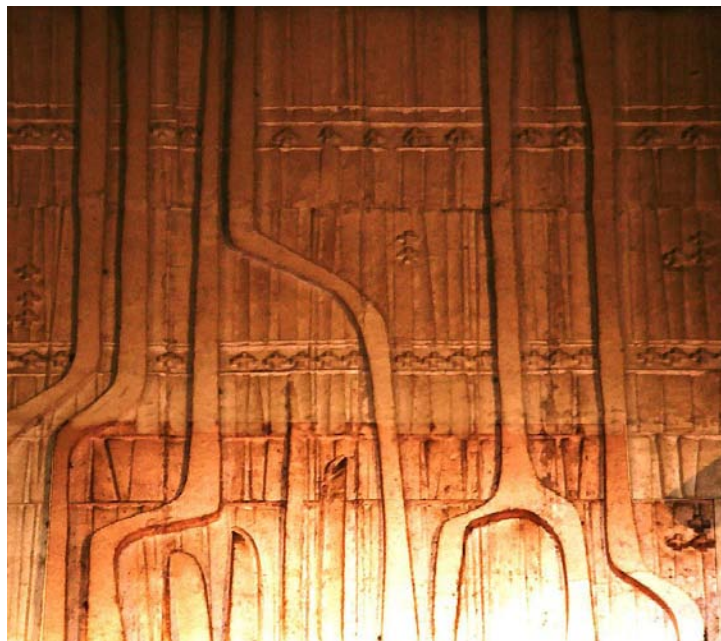


Figura VI.181. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos*, 1987. Detalle uno de los paños anteriores en los que se observa el despiece una vez repasado de las piezas.



Figura VI.182. Fuentas del Olmo, *Friso en Casa Recogidas*, 1978.

En 1978 realiza el friso en un edificio de Granada para esta ocasión realiza tres módulos de que serán repetidos en serie a lo largo del mismo.



Figura VI.183. Fuentas del Olmo, *Friso en Casa Recogidas*, 1978.

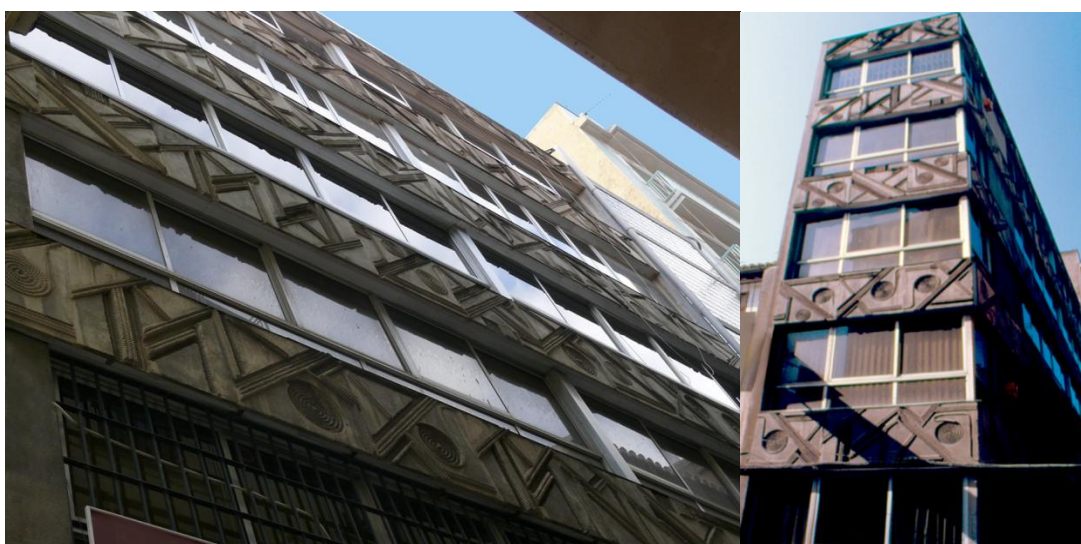


Figura VI.184 y 185. Fuentas del Olmo, *Friso en Casa Recogidas*, 1978.

Para esta ocasión el escultor realizó un relieve con maromas, utilizando tanto la técnica de modelado en negativo y una vez obtenido un relieve con ella, superpuso sobre el maromas y

sacó con todo ello el molde con caucho, de esta manera quedan en el relieve maromas en volumen, como el registro de ellas, (negativo y positivo de maromas) con un resultado final con más juego de formas, en la dosificación del mismo se utilizó cemento aluminoso quedando un friso mucho más oscuro que si hubiese utilizado un *cemento portland* normal.

Las piezas de este tipo van ancladas mediante soldadura en su parte posterior dejando previsto antes del fraguado una placa de anclaje.



Figura VI.186. Fuentes del Olmo, Lápida M. Cano 1968.

Relieve realizado para lápida de nicho -Figura VI.186-, modelado con la técnica de negativo con patinado posterior con dorado y acrílico.



Figura VI.187. Fuentes del Olmo, Altar Iglesia de Torre del Mar 1975.

Mural con Pantocrátor en el frontal de mesa de Altar en la Iglesia de Torre del Mar realizado en hormigón mediante modelado y molde perdido de escayola con plateado con pan de plata y pátina de cera pigmentada posterior.

Previo al patinado se repasaron las uniones de los laterales con el frontal.



Figura VI.188 y 189. Fuentes del Olmo, *Altar Iglesia de Torre del Mar* 1975. Detalles.

Figuras VI 188 y 189, con detalles de los laterales del Altar con relieves de la Virgen del Carmen y de San Andrés.



Figura VI.190. Fuentes del Olmo, *Cristo*, 1979.

Imagen realizada en hormigón con patinado previo mediante primero aplicado de un oro falso y patinado posterior con ceras pigmentada. Se puede apreciar que la escultura lleva relación con el grafismo del relieve posterior.



Figura VI.191. Fuentes del Olmo, *Cristo*, Boqueti, 1978.

Imagen realizada en hormigón, dorado con pan de oro falso y posterior patinado con cera pigmentada de cinco metros y medio de altura modelado en barro y vaciado en hormigón con moldes perdidos de escayola.



Figura VI.192 y 193. Fuentes del Olmo, *María Auxiliadora*, 1973.

María Auxiliadora -Figura VI.192 y 193- realizada para los Salesianos de Córdoba en 1973 figura de tres metros realizada en hormigón sin pátinas imagen es una mezcla de connotaciones románicas y texturas superficiales muy ásperas y duras para una imagen de la Virgen y el Niño.



Figura VI.194. Fuentes del Olmo, *María Auxiliadora*, 1974.

María Auxiliadora -Figura VI.194- realizada en 1974 situada en linares, imagen realizada en hormigón armado sin tratamiento superficial esta vez realiza la Virgen y el niño con texturas más afables y pliegues similares a los que desarrolla en los relieves.

Mateos, Ángel (1931-

Afirma Ortega Coca en el libro correspondiente a Ángel Mateos, dentro de su serie escultores españoles, que:

“si no ha sido el primero que ha empleado el cemento en el vaciado de sus esculturas, lo que sí podemos asegurar es que Mateos ha sido el escultor que más asiduamente ha empleado este material. Si no se demuestra lo contrario, el primero que en España usa el cemento para fines escultóricos, pero sin continuidad, habrá sido el vallisoletano Lorenzo Frechilla, en los cubos horadados, que empleó en sus investigaciones del grupo vanguardista abstracto <Pascual Letreros>, surgido en Valladolid a finales de la década de los cuarenta.”²¹

En conversación mantenida con el hijo del escultor comenta que su padre era muy minucioso en las realizaciones de sus esculturas y quería que los paramentos quedaran exentos de líneas de encofrados. Quería que fuesen de un solo paño, lo que llevó a una gran complejidad en la realización de algunas de sus esculturas monumentales.

Podemos ver que la mayor parte de sus esculturas están diseñadas para su posterior realización a gran escala, desgraciadamente únicamente algunas llegaron a ser realizadas a gran escala.

Museo del Hormigón Ángel Mateos

El museo en sí ya es una gran escultura simétrica, consta de tres habitáculos paralelepípedos regulares y el superior mantiene un desplazamiento, de éste arrancan una especie de brazos ortogonales y en su parte posterior una especie de cornamentas. Todo ello arropado por una superficie plana de árido de color oscuro que hace resaltar este edificio Escultórico.²²



Figura VI.195 y 196. Vista general y detalle de la parte frontal del edificio, Museo del hormigón de Ángel Mateos

²¹ORTEGA COCA M^a Teresa. (1994) *Ángel Mateos, serie de escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid. pag 15.

²²Museo del Hormigón Ángel Mateos se encuentra en la Avd de Juan Carlos I nº 92 de la localidad salamantina de Doñinos.

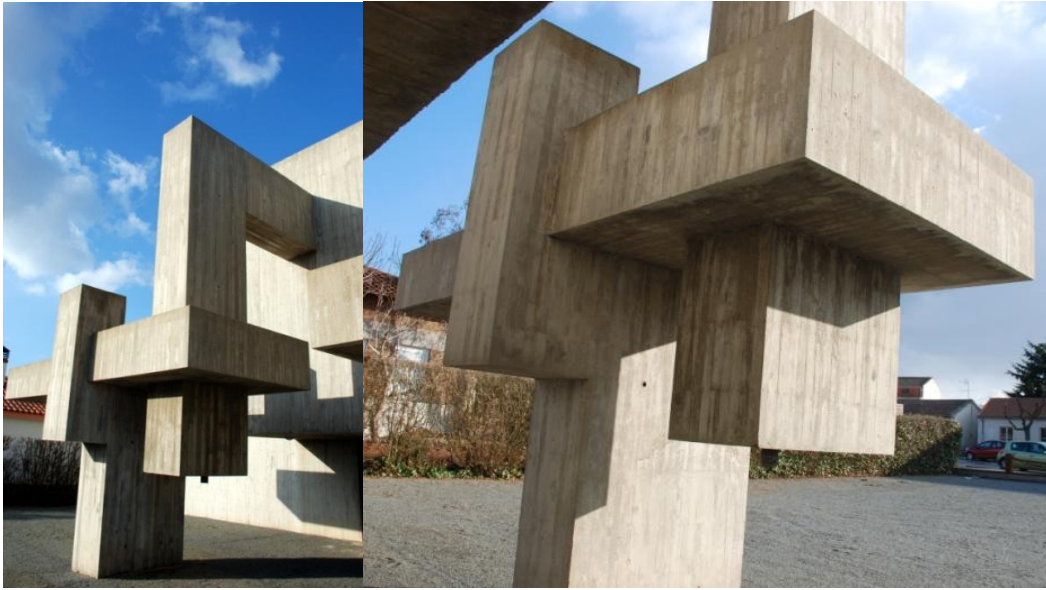


Figura VI.197 y 198. Detalle de arcadas de la entrada del museo

Todas las caras están con un encofrado uniforme sin particiones, con paños únicos sin secciones ni juntas; no se aprecian coqueras ni las marcas de las diferentes lechadas. Los vértices están perfectos. En definitiva, la realización es exquisita.

Una vez dentro del museo el espacio expositivo de las obras se divide en tres salas: una central en la parte alta con las obras de sus comienzos, y dos naves laterales con la evolución del escultor dentro de la abstracción y sus distintas tendencias a lo largo de su trayectoria.



Figura VI.199 Ángel Mateos, *Autorretrato*. 1967.

Los comienzos de este escultor son esculturas realistas, tal como se aprecia en este autorretrato. Posteriormente, entra en unas series de esculturas figurativas denominadas fósiles y acantilados.

Dentro de la nave central superior del Museo del Hormigón de Ángel Mateos encontramos la serie de hormigón *Acantilados*. Esta serie tiene una gran complejidad en el vaciado. Según manifestó el hijo del artista, fueron realizados originariamente en barro. Según comenta Ortega de Coca en su libro sobre el artista: “Ángel Mateos va a utilizar el vaciado del cemento con una técnica similar a la de la cera perdida.”²³



Figura VI.200 y 201. Ángel Mateos, *El profeta* y *Moisés*, 1960.

Piezas muy barrocas en cuanto a su complejidad de formas, el hormigonado de dichas piezas debió ser muy tedioso; dada la cantidad de recovecos que tenía la forma debieron de

²³ORTEGA COCA M^a Teresa. (1994) *Ángel Mateos, serie de escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid. pag17.

hacerse numerosas tolvas de entrada del material y un hormigón muy líquido para poder entrar en todos aquellos recovecos.



Figura VI.202 y 203. Ángel Mateos, *Profetas*, 1960.

Aparentemente se notan restos de arcilla y escayola en las piezas, el desencofrado de las piezas debió ser también muy laborioso y efectivamente se debió realizar de forma semejante a la fundición para que las zonas que se pudiesen formar burbujas durante en el vertido del hormigón, se realizan al igual que en fundición chimeneas para salida de aire y entrada de la lechada.



Figura VI.204. Ángel Mateos, *Cíclope* 1960.

Esta etapa de paso previo a la abstracción abarca desde 1966 a 1968. Son esculturas de temas mitológicos con unas últimas piezas de sentido religioso. Todas ellas son de gran fuerza de estiramientos góticos y texturas pétreas simulando la estratificación, semejantes a las rocas metamórficas de origen sedimentario parecidas a lajas entrecortadas.

Continúan siendo unos encofrados de gran complejidad, tanto en el encofrado como en su vertido y llenado. Ángel Mateos fue un verdadero maestro en la materia dada la dificultad de ejecución de sus obras.



Figura VI.205 y 206. Ángel Mateos, *Cristo* 1960. Ángel Mateos, *Catedral*, 1960.

En las figuras VI 205 y 206 son vistas de un par de sus últimas obras con algo de sentido figurativo cada vez más esbeltas y góticas en su estiramiento con la misma complejidad que las anteriores.

Desde el 1967 Ángel Mateos se embarca en la escultura abstracta. Con algunas de estas primeras se presentará a la Exposición Nacional de Bellas Artes. En esta primera serie los encofrados son de texturas más marcadas con piezas macladas que predominan los lados

triangulares y vértices agudos. Muchas de estas piezas son fácilmente envueltas en un paralelepípedo.

Dentro de ellas destacan *Tesis del espacio* y *Antítesis del espacio* utilizando el descarte de una para realizar la otra. Pese a que Ángel Mateos no tenía titulación académica, es sorprendente la maestría y el dominio sobre el hormigón que reflejan sus obras. Ángel Mateos trabaja junto con su padre en el sector de la construcción y junto con asistencias a escuelas de artes y oficios le dan una destreza en el material única.



Figura VI.207 y 208. Ángel Mateos, *Hormigón en su tiempo* 1967.

Estas primeras piezas busca más un espacio aéreo son esculturas abiertas. Según el propio escultor “El hormigón es el material más representativo de nuestro siglo. Del mismo modo que la piedra definió una época, esta será la edad del Hormigón.”²⁴



Figura VI. 209. Ángel Mateos, *Tiempo del hormigón*, 1960.

²⁴MATEOS Ángel. (2010) *El Artista*. [en línea],Valladolid: Museo del hormigón. [Fecha de consulta 10/10/2014]. <<http://www.museodelhormigon.com/>>.

Acopla volúmenes prismáticos irregulares formando racimos complejos, todos ellos con una textura uniforme de un encofrado de pequeño entarimado, perfectamente dispuesto y bien ensamblado, no dejando huir de él la lechada. Se aprecian claramente los vértices continuos sin pérdidas de material.

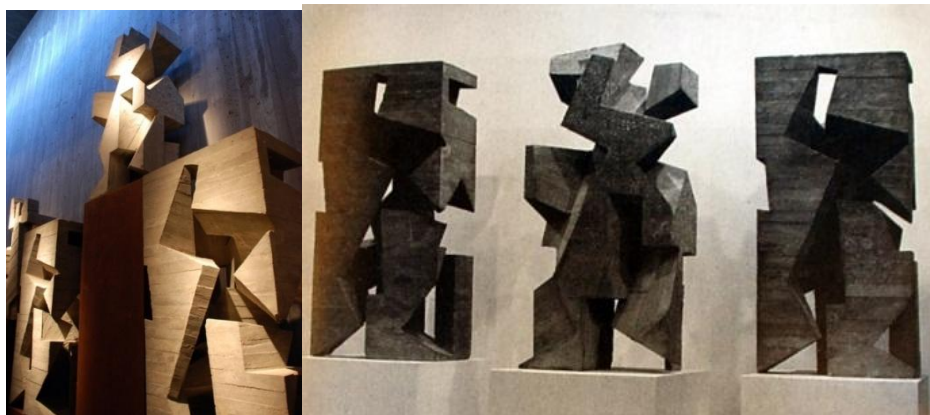


Figura VI. 210 y 211. Ángel Mateos, *Tesis y antítesis del espacio* 1969.

Después busca formas fácilmente inscritas en un paralelepípedo. Empieza a buscar ahora un espacio interior dentro de las esculturas. En la fotografía superior las *piezas Tesis y Antítesis del espacio* una es el hueco de la otra, con encofrados muy bien registrados sin coqueras ni pérdidas aparentes.

Es una especie de puente a la siguiente serie llamada *Cubos* donde, como Oteiza, estudia el espacio interior de dichas formas. Esta serie la realizará hasta 1971.

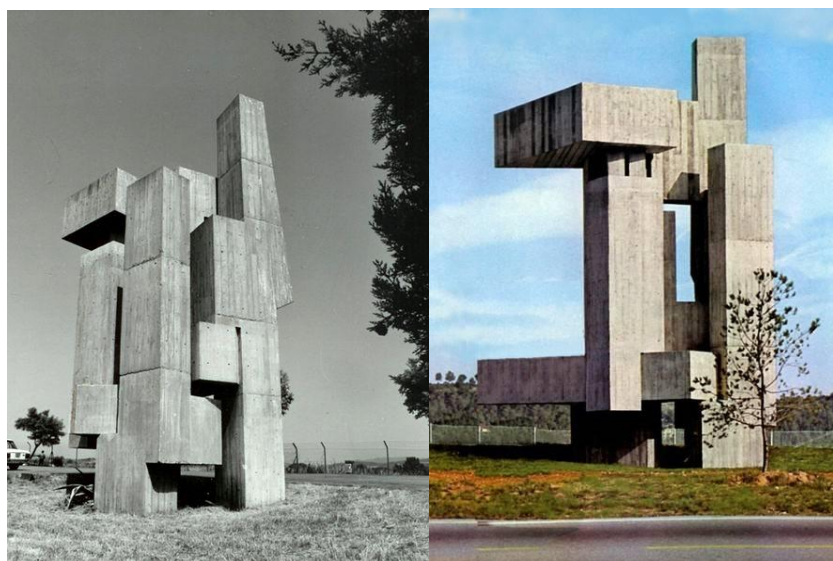


Figura VI.212 y 213. Ángel Mateos, *La edad del Hormigón* 1971.

En 1972 realiza una serie en la que los espacios predominantes son ortogonales de manera vertical y horizontal. En esta época una de estas piezas es seleccionada en el primer concurso de Autopistas del Mediterráneo de Barcelona. Esta obra premiada se llama *La Edad del Hormigón*; está situada en la autopista A-2 (Barcelona –Tarragona) en el kilómetro 37; tiene una altura de 8 metros. Está realizada a base de encofrados de tableros de madera, a base de tablas ensambladas con armado interior para resistir pesos de cargas descentradas.

Los puntos que se aprecian dentro de la superficie de la pieza son las marcas dejadas por los tirantes para evitar que el encofrado se abra por la presión del empuje de la pasta.



Figura VI.214. Ángel Mateos, *La edad del Hormigón* 1974. Boceto preliminar de la escultura.



Figura VI.215. Ángel Mateos, *Menhir I, Menhir II, Menhir III*. 1976. Detalle de serie Menhires.

La serie *Menhires*, de 1976, son esculturas ortogonales con un ritmo de varias secciones verticales. Empiezan a apreciarse giros, que le llevarán a la siguiente serie.



Figura VI. 216. Ángel Mateos, *Flexión VI*, 1975.



Figura VI.217 y 218. . Ángel Mateos, *Flexión I*, *Flexión II*, *Flexión III*, *Flexión VII*, *Flexión VIII*, *Flexión IX* . 1975.

En la serie *Flexiones* introduce en su obra partes curvas para realizar movimientos dentro de ellas no dejándolo todo en vértices entre planos. Esta serie, de la que se conocen doce piezas, fue realizada entre el 1974 y el 1975.

Serie de *Inversiones*. De 1976 a 1977 desarrolla piezas verticales en las que destaca normalmente que gran parte del peso está en su parte superior. Una de estas esculturas se realizó posteriormente a escala monumental en Valladolid.

El procedimiento preliminar que utilizaba el escultor para la realización de este tipo de piezas, era que realizaba una talla con poliestireno expandido y tenía un carpintero o ebanista que le hacía las planchas de los encofrados; luego él las montaba otra vez, las solapaba, fijaba y endurecía con yeso para posteriormente hormigonar.



Figura VI. 219 y 220. Ángel Mateos, *Inversión VIII* 1999.



Figura VI. 221 . Ángel Mateos, *Inversión VIII* 1999. Detalle de construcción.

Como se puede apreciar, los encofrados de la pieza son paños únicos, incluso las caras más largas de los paños largos verticales que llegan al suelo. Era una decisión tomada por el artista y su afán de un trabajo muy bien realizado. Dada la altura que tenía el encofrado al hormigonar hubo que introducir en el mismo a operarios para poder vibrarlo correctamente según ascendía el hormigón. Como se puede ver en las fotografías la ejecución es perfecta y los resultados son impresionantes.



Figura VI.222. Vista cenital de una de las naves del museo en la que destacan piezas de las series de; *Torsiones*, *Homenajes Inversiones* y *pilonos*, a la derecha detalle de la sala con esculturas de la serie *inversiones*.

En 1977 realiza vallas, murales, una serie de forjas y comienza en 1978 unas series denominadas *Ménsulas* y *Pórticos*, ya solo los nombres nos indican un camino hacia las formas arquitectónicas. En estas series especialmente en estas dos primeras que predominan los paños horizontales-, unas piezas dominan las láminas pesadas horizontales otras dos piezas unidas por horizontales.

A partir de 1979 comienza unas series en las que vuelve a dominar el sentido vertical de la forma, denominadas:

Torsiones, en las que en alguno de los paños verticales tiene un giro sin modificar su sentido vertical realizando espirales ascendentes a modo de acrobacia aérea.

Homenajes, piezas en las que algunos giros si modifican esa condición vertical, modificando la ascensión de los prismas mediante cambios de dirección del eje.

Neolitos, piezas verticales en las que el paño es truncado por cortes y desplazamientos de los planos.

Pilonos, piezas más sintéticas que las anteriores con mucha verticalidad y algo de movimiento en su parte superior parando ascensión con volúmenes desplazados truncando la dirección.

Obeliscos, semejante en la mayor verticalidad como en la anterior serie pero con el poco movimiento en su parte inferior de estos destaca el realizado en Villavieja de Yeltes de gran altura y complejidad de ejecución por su esbeltez.



Figura VI.223 y 224. Vista de la nave en la que se aprecian *Neolitos* y vista en la que se aprecian *Pilonos* y al fondo *Inversiones* y *Homenajes*.

A partir de 1980 comienza a realizar piezas cuyo origen es una pieza maciza a la que le genera unos cortes y la desplaza sin separarles del todo. Dichas series las denominará *Prismas* y *Desplazamientos*.



Figura VI.225 y 226. Ángel Mateos, *Desplazamientos* y detalle de *Desplazamiento VI* 1982.

También en los comienzos de los ochenta genera una serie llamada “Horizontales” en la que, como su propio nombre indica, las formas y líneas predominantes serán las horizontales.

Esta serie es un inicio hacia su intención arquitectónica que se demostrará posteriormente en la serie *Habitables*, con formas que claramente apuntan a la arquitectura constructivista.



Figura VI.227 y 228. Ángel Mateos, *Horizontales* 1981. Vista general de piezas de la serie.

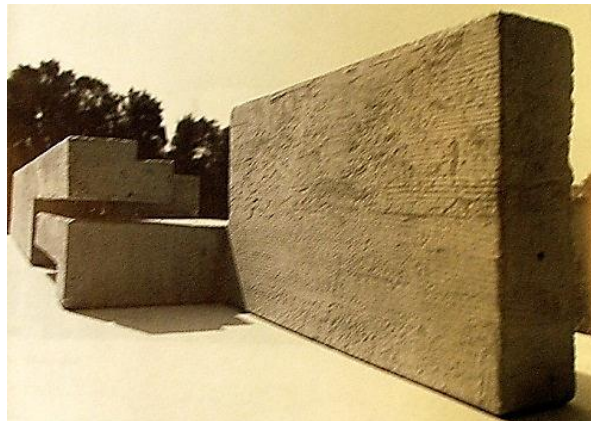


Figura VI. 229. Ángel Mateos, *Horizontal III* 1981.

Las últimas obras Ángel Mateos están fuertemente vinculadas a la arquitectura moderna. Son muy semejantes a maquetas arquitectónicas que muy fácilmente podrían transformarse en piezas arquitectónicas. En el Libro *Ángel Mateos 1958-1988*²⁵ incluso se

²⁵MATEOS Ángel. (1994). *Ángel Mateos 1958 1988*,Salamanca: R&R Creativos.S.L.

aportan los planos de un proyecto de ejecución para realización de una escultura con una visión arquitectónica clara. Dentro del museo existe una versión en metal de lo que podría ser a otra escala en hormigón de esa pieza.

Dentro de sus obras monumentales esta la realización de un obelisco en Villavieja de Yeltes, cuya ejecución debió ser muy compleja dado que los planos de encofrado también son de una única pieza y dada también su gran altura, en fotografías se evidencia su impecable ejecución y resultado.



Figura VI.230 y 231. Vistas de la ejecución del *Obelisco*, 1994.

La gran altura de la pieza y esbeltez de la misma nos hacen suponer la complicación de la ejecución en el llenado de la misma por la presión en el encofrado; este debió ser muy reforzado y con gran cantidad de tirantes en su parte inferior.



Figura VI.232 y 233. Ángel Mateos, *Obelisco*, 1994. Vista con el autor viéndose la proporción entre persona y la escultura.

Moore, Henry (1898 1986)

A continuación se detallan gran parte de las obras realizadas por este artista en este material, la Fundación Henry Moore ayuda y aporta toda la información requerida acerca del artista y las técnicas utilizadas.



Figura VI. 234. Henry Moore, *Cabeza de Mujer*, 1926. Figura VI. 235 Henry Moore, *Niño mamando*, 1927.

Realizada con un hormigón de consistencia seca por los brumos y coqueras dejadas, el autor no ha querido realizar un repaso de terminación pudiéndolos dejar los paños tersos, con un repaso posterior al fraguado. Se aprecian zonas de corte de molde en el moño.

En la figura VI.235 se aprecia la escultura “Niño Mamando” es una autentica lástima que esta obra haya desaparecido, aparentemente la pieza fue realizada con un hormigón de consistencia media y a molde perdido.

Henry Moore en figuras recostadas en hormigón, integraba normalmente las piezas en la base; en este caso se aprecia claramente, de esta manera se rigidiza aún más la pieza evitando desconches por golpes en la figura en sus traslados o colocaciones.

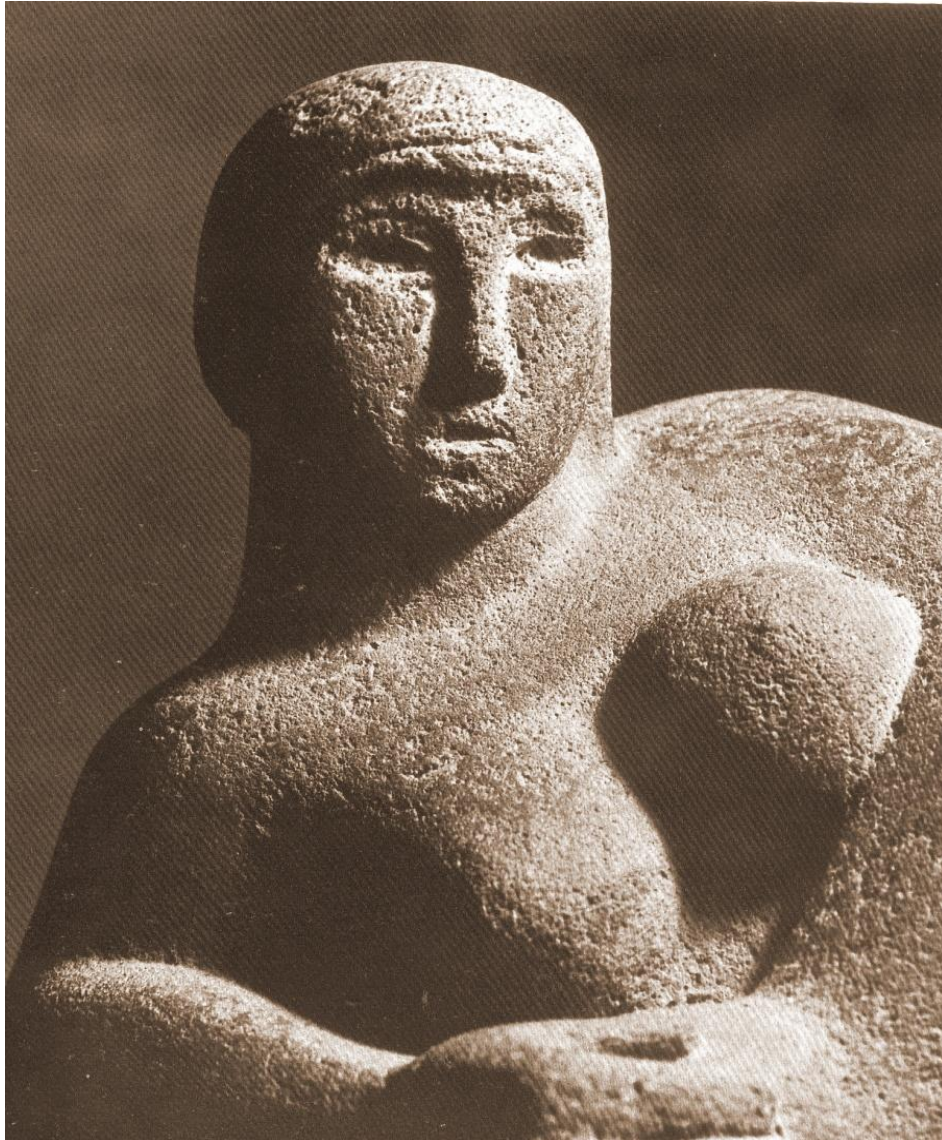


Figura VI.237. Henry Moore, Detalle de *Mujer Reclinada*. 1927.

En este detalle – figura VI.237- podemos apreciar que vuelve a utilizar una dosificación seca muy bien vertida y vibrada, no apreciándose ninguna coquera voluminosa. La textura conseguida refuerza la rotundidad de la figura. En esta etapa el artista buscaba una vuelta al origen de la escultura estudiando las esculturas primitivas en el *British Museum*.



Figura VI. 238 y 239. Henry Moore, *Máscaras*, 1929.

En 1929 realiza una serie de cuatro esculturas en hormigón coloreado. Aparentemente, al no adivinarse cambios de tonalidad del color parece ser que lo realizó con una mezcla ya de mortero coloreado. Por la textura que se aprecia podría ser picadizo de ladrillo, cemento blanco y pigmento.



Figura VI. 240 y 241 Henry Moore, *Media Figura*, 1929. Henry Moore, *Figura sentada*, 1929.

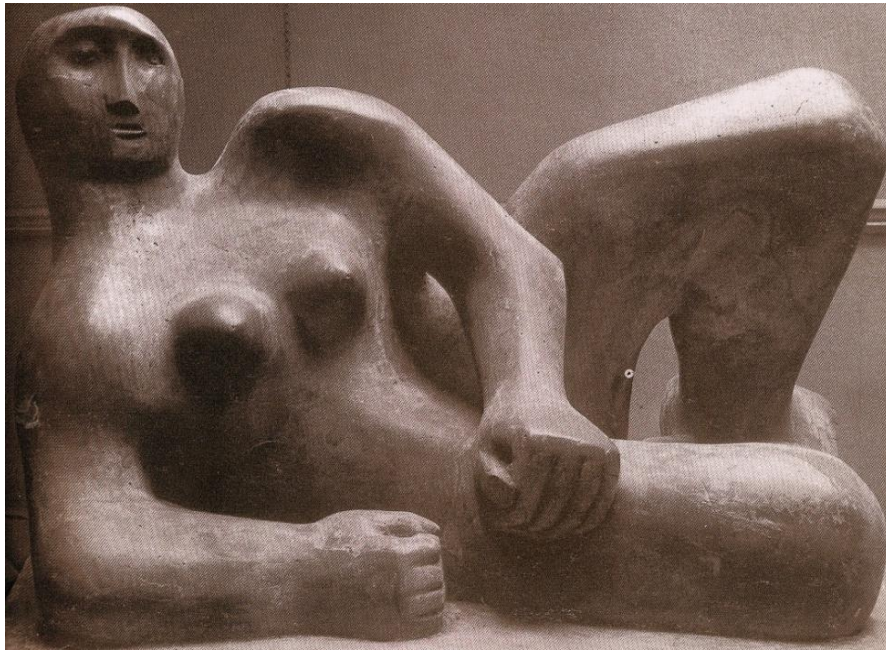


Figura VI. 242. Henry Moore, *Figura reclinada*, 1932.

Las dos últimas piezas que realiza en hormigón las incorpora a la base en el mismo material y esta vez si son repasadas tras el fraguado, dejando una textura diferente a las anteriores optando por una textura tersa sin dejar ver ninguna rugosidad ni poros. Incluso en la última incorpora líneas y puntos, para lo que necesitaba un hormigón con textura mucho más tersa para que se pudiesen apreciar con definición.

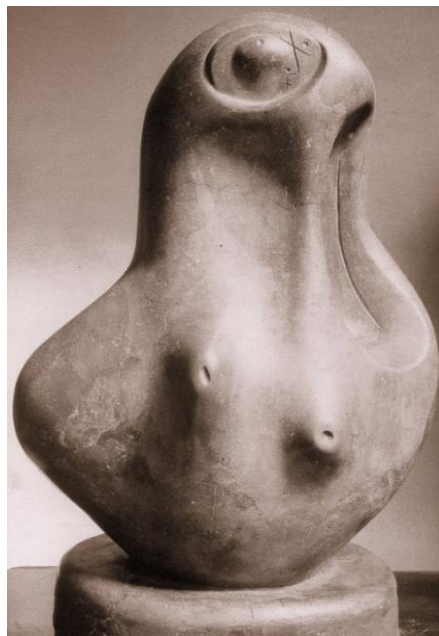


Figura VI. 243 Henry Moore, *Composición*, 1933.

Esta es la última pieza de este artista en este material – figura I.246- que se muestra en los catálogos del artista estudiados, esto refuerza que el hormigón es un buen acompañante de los inicios de la escultura de muchos artistas por su gran accesibilidad y economía.

Como respuesta a las dudas sobre cómo realizó Henry Moore sus esculturas en hormigón, Miguel Phipp, documentalista de la *Fundación Henry Moore*, responde en una carta que está incluida en su totalidad y en su idioma original en el apartado de anexos.

Después de preguntársele si el escultor realizaba sus esculturas de hormigón de la manera tradicional, es decir, un modelado en barro y vaciado en hormigón mediante molde de escayola, me comentó que no existían pruebas pero que esa hipótesis era la más probable.

El escultor experimentó en esta técnica escultórica, pudiendo dividir su producción en tres etapas, según afirmó el documentalista.

Una primera, sobre 1926, con la inexperiencia sobre el método de utilización del material en la cual se aprecian coqueras en las piezas.

Una segunda, que iría desde 1929 a 1934, con técnica más depurada, textura superficial más tersa y con esculturas pigmentadas.

De esta época son:

La figura sentada 1929 (LH 65) en rosa fuerte (*Figura sentada*, 1929, 45,1 cm. Hormigón coloreado. Fundación Henry Moore).

Media figura 1929 (LH 67) en dos tonalidades (*Media Figura*, 1929, 36,8 cm. Hormigón coloreado. British Council, Londres).

La figura reclinada 1932 (LH 122) (*Figura reclinada*, 1932, 1.09 m. Hormigón. City Art Museum, San Luis) y 1933 (LH 133) con mortero con pigmento mezclado de forma incompleta, tal vez deliberadamente, dando un efecto de remolino, de mármol.

Madre y niño 1932 (LH 120), (*Madre y niño*, 1932, 18 cm. Hormigón, colección Ian Phillips)

Composición 1933 (LH 133), (*Composición*, 1933, 58.4cm. Hormigón. British Council, Londres), (la talla de la superficie y bien podría haberse hecho antes del fraguado del material (se entiende que cuando se refiere a talla, el documentalista se refiere a las incisiones que realiza sobre el barro a modo de líneas y puntos sobre figuras de textura superficial lisa, aporoto detalle de las mismas en la figura VI. 244).



Figura VI. 244. Henry Moore, *Composición*. 1933. Detalle de las incisiones.

Figura reclinada 1932 (LH 122), *Figura reclinada* 1933 (LH 134) y *Composición* 1934 (LH 140), todos los cuales son de complejidad suficiente para justificar una armadura, probablemente de varillas de acero suave.

La tercera etapa sería a partir de 1960 en la que realiza las piezas más grandes. Hubo al menos tres reproducciones mediante moldes de obras preexistentes, hechas en hormigón con base de cemento aluminoso y superficie de color mediante la aplicación de bronce (John Mills, lo ilustra en su último libro. *Sculpture in Concrete*,)²⁶.

²⁶MILLS John W. (1968). *Sculpture in Concrete*. New York : Frederick A. Praeger.

Nivola, Costantino (1911-1988)

Costantino Nivola trabaja en una técnica muy especial denominada *Sand-Casting*, inventada por él en 1948 cuando se traslada a su casa de Springs. Trabaja modelando en negativo sobre arena, esta técnica le permite realizar bajorrelieves de hasta 360m2 de una sola vez como se ve en la imagen superior en su estudio de Long Island.

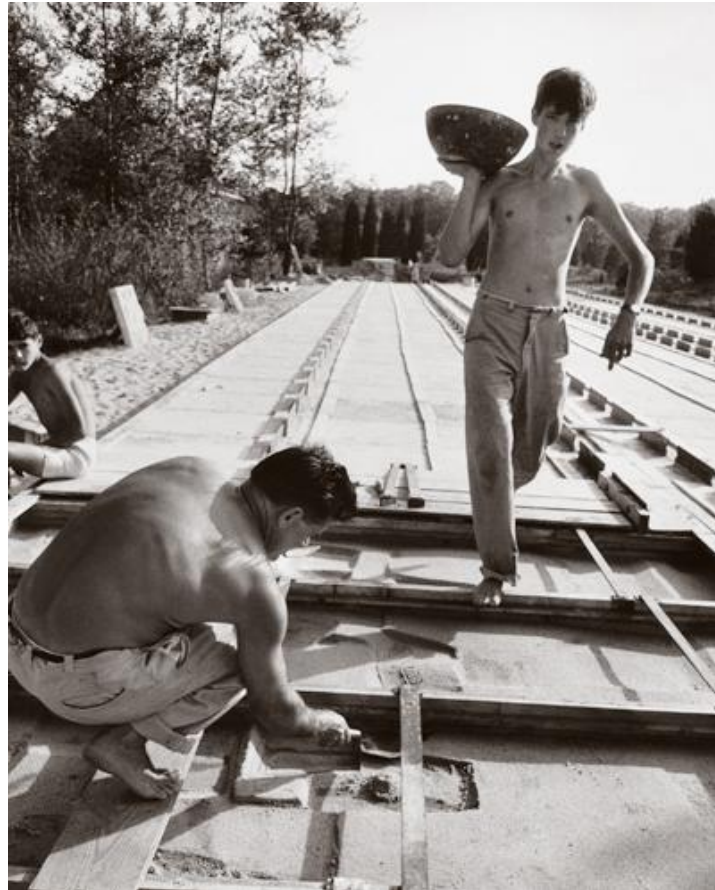


Figura VI.245. Costantino Nivola se encuentra realizando del mural para el edificio de la Mutual Insurance Company of Hartford en Connecticut. 1957.

En esta ocasión para el relieve de la *Mutual Insurance Company of Hartford* realiza módulos en cofres encofrados de 300 x 75 cm dispuestos sobre una cama de arena de playa, una vez realizados los módulos los moja y tapa para que la arena tenga una consistencia más firme, destapa esos cofres y trabaja sobre la área normalmente con espátulas.

Una vez moldeados los tapa para que no se seque la arena hasta el momento de hormigonar.



Figura VI. 246. Costantino Nivola, *Mural del edificio de la Mutual Insurance Company of Hartford en Connecticut. 1957.*



Figura VI.247. Costantino Nivola, *Mural del edificio de la Mutual Insurance Company of Hartford en Connecticut. 1957.*



Figura VI.248. Costantino Nivola realizando un mural con la técnica de sand-casting en su estudio de Springs en el año 1950. Se aprecia que el modelado lo realiza con una espátula de albañilería.



Figura VI.249. Costantino Nivola, *Relieve para el Centro de Exposiciones de la Plaza Mc Cormik de Chicago*, 1959.

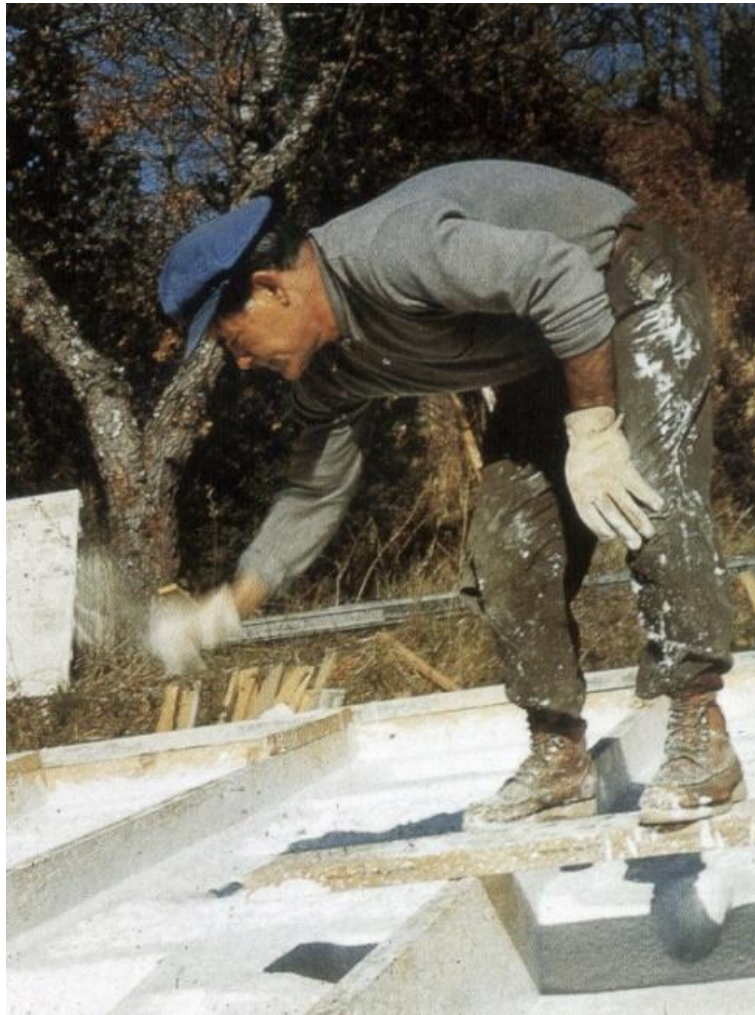


Figura VI.250. Costantino Nivola trabajando en su estudio de Long Island 1958

En el libro de Giuliana Altea²⁷ sobre Costantino Nivola, comenta que, en la aplicación de la técnica del *Sand-Casting*²⁸, si los relieves eran de pequeñas proporciones eran vaciados en escayola, pero si eran de grandes proporciones y para exterior, se realizaban con hormigón primero aplicando una primera capa de lechada de cemento blanco -como se aprecia en la fotografía superior- colocando armaduras y completado del hormigonado.²⁹

²⁷ALTEAL Giuliana (2005). *Costantin Nivola*. Nuoro: edlIisso.

²⁸Técnica similar viene explicada en el Capítulo II. *Técnica del hormigón aplicada a la Escultura* dentro del apartado II- 9.2.1 *Esquema por pasos de realización de técnica en negativo para murales de hormigón*.

²⁹Información se puede contrastar en ALTEAL Giuliana (2005). *Costantino Nivola*. Nuoro: edlIisso.



Figura VI.251. Costantino Nivola, *Mural para la oficina de correos de Bridgeport*, 1966.



Figura VI.252. Costantino Nivola, *Intermediate School 183*, 1972, Colocación del conjunto escultórico.

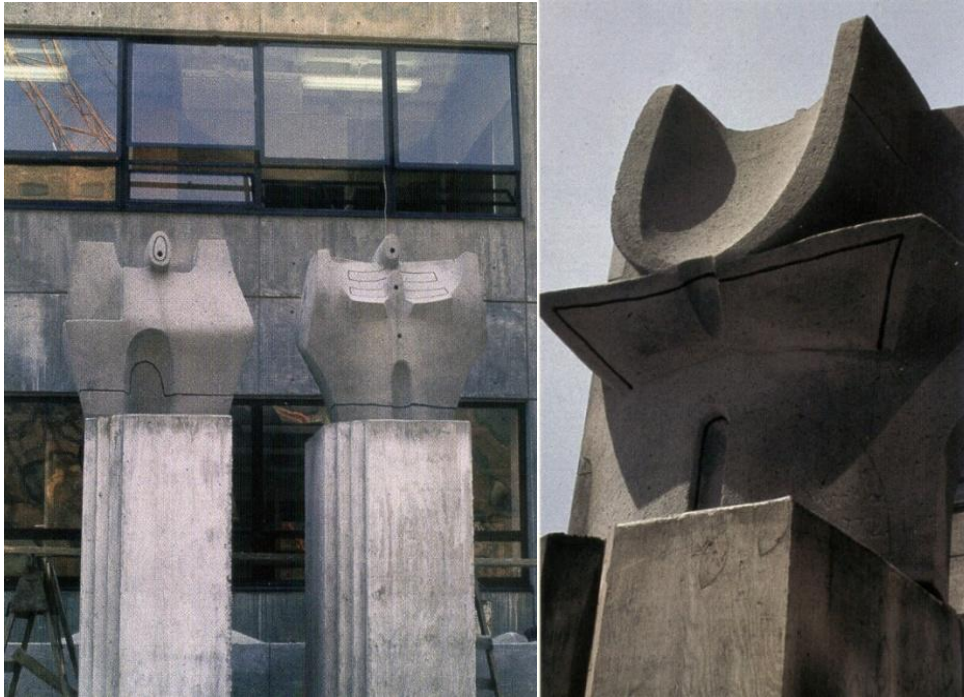


Figura VI.253 y 254. Costantino Nivola, *Intermediate School 183*, 1972. Detalles del conjunto escultórico.



Figura VI.255 y 256. Costantino Nivola, *Il Maestro Muratore* y *Il Manovale* 1974 .



Figura VI.257. Exposición retrospectiva de Costantino Nivola por la empresa Red grupo en 1999 en Milan.

En 1999 se realiza en Milán con el patrocinio del *Grupo Red*, una retrospectiva del artista dominando en esta muestra obra realizada con la técnica del *Sand-casting* como por vaciados en hormigón.



Figura VI. 258 y 259. Costantino Nivola, *Estación 7*, 1968.

Constantino Nivola también participó con la aportación de una de sus esculturas en la *Ruta de la Amistad* organizada por Mathias Goeritz en México para la conmemoración de *los Juegos Olímpicos* de 1968, en la Ciudad de México, con la escultura nº 7, actualmente restaurada con el patrocinio de la empresa *Pirelli*.



Figura VI. 260. Costantino Nivola, *Family*, 1974.

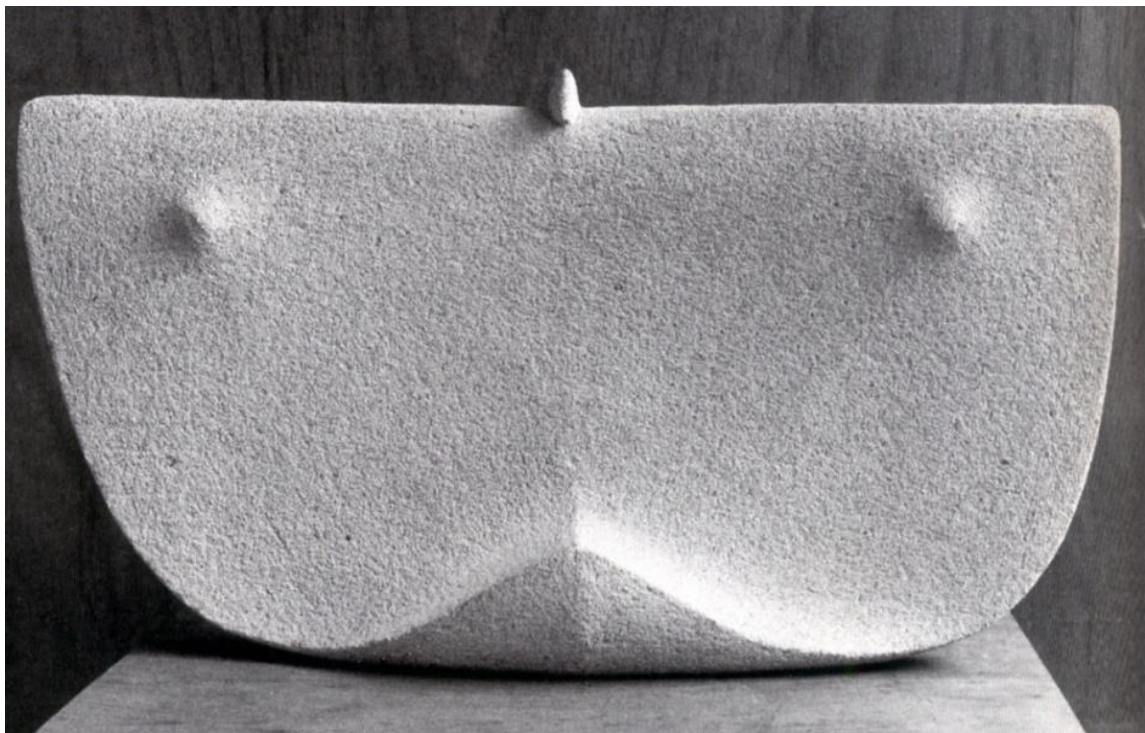


Figura VI. 261. Costantino Nivola, *Sardinian Widow*, 1984.

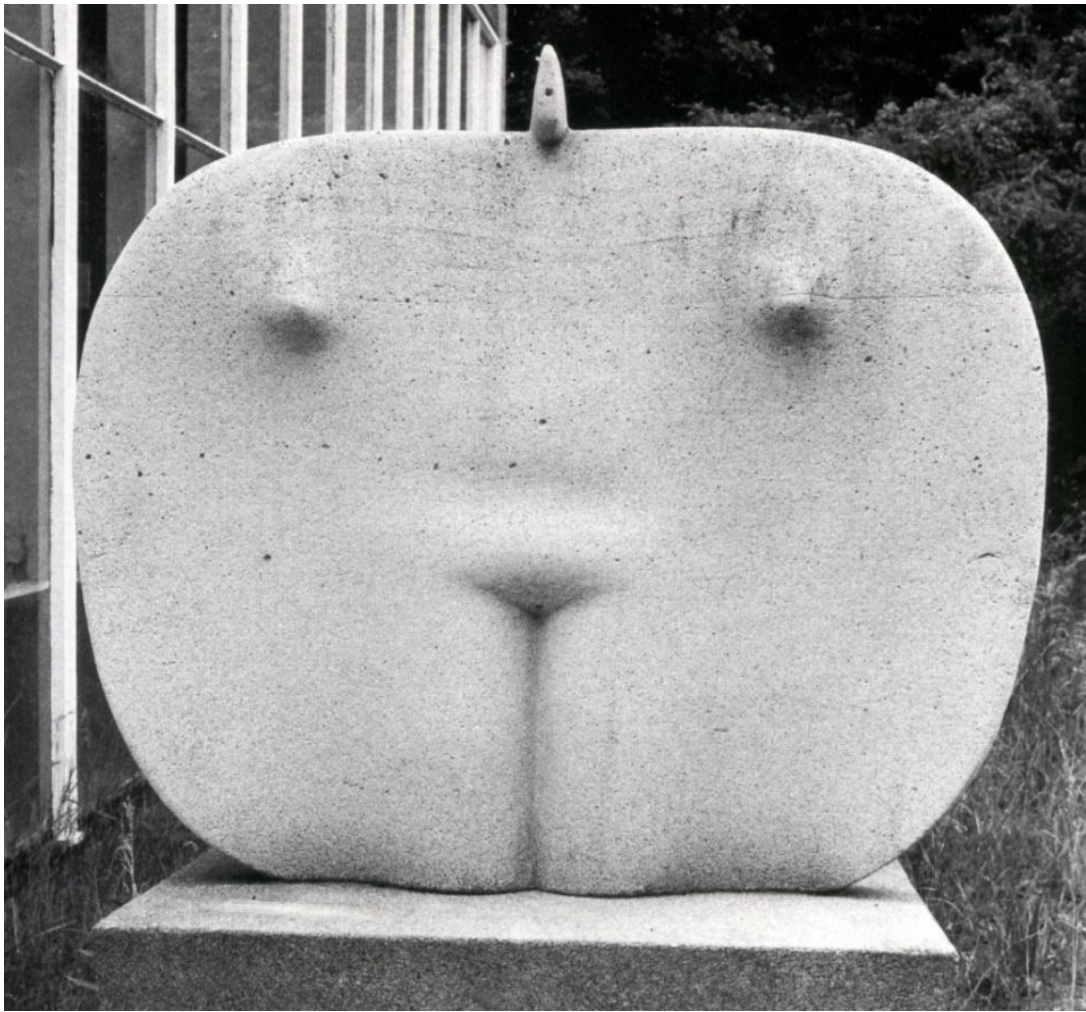


Figura VI.262. Costantino Nivola, *Sardinian Widow*, 1984.

En 1984 realiza un par de piezas en hormigón de figuras femeninas aplanadas generando un hormigón semejante a piedra caliza.

Oteiza, Jorge (1908-2003)

Este escultor tiene dos ramas dentro de la escultura en hormigón. Una primera y más tradicional consiste en la realización de esculturas mediante modelado, molde de escayola y hormigonado. Y una segunda que consistía en tallar directamente en hormigón celular.

En cuanto a la primera de las dos técnicas, la conservadora del *Museo de Oteiza* comenta en uno de los correos mantenidos con ella:

“El procedimiento habitual que empleaba Oteiza para la realización de piezas en cemento es el vaciado. Se parte de un modelado (normalmente en barro), después se realiza un molde y por último se positiva en cemento. Una vez que el cemento ha fraguado, se pueden repasar algunas imperfecciones o planos de la pieza con cincel u otros instrumentos de talla directa. También en algunas piezas aplica color puntualmente; como en el cabello o los labios (Ver obra: Adán y Eva. Tangente de $S=E/A$)”

En cuanto a la segunda técnica utilizando el hormigón celular, no sólo tallaba sino que también incrustaba alambres o bien pegaba madera sobre él.

En este relieve no solo ancla trozos de madera y metal sino que también rasga el panel con trazos lineales o lo perfora.



Figura VI. 262. Oteiza, *Formas lentas cayéndose y levantándose en el laberinto*, 1957.



Figura VI. 263 y 264. Oteiza, *Formas lentas cayéndose y levantándose en el laberinto*, 1957.



Figura VI. 265y 266. Detalles donde se aprecian que las piezas no están incrustadas, sino tan solo ancladas y las ranuras lineales que rayaba sobre el hormigón y relieve colocado actualmente en el museo.



Figura VI.267 y 268. Oteiza, *Virgen de Kukuarri*, 1953, Oteiza, *Victor Embil*, 1933.



Figura VI. 269 y 270. Oteiza, *Mujer sentada*, 1950.

Detalles de la figura mujer sentada, expuesta en la actualidad en el museo. Se aprecia un detalle dibujado en el vientre (un niño) y como la pieza ha sido teñida y aparentemente una cera aplicada posteriormente.



Figura VI.271 y 272. Oteiza, *Comprendiendo políticamente*, 1935. Reproducción en bronce de una pieza realizada en hormigón. Esta pieza está en su estado original (hormigón) en el Museo Reina Sofía de Madrid.



Figura VI. 273. Oteiza, *Comprendiendo políticamente*, 1935. Figura VI. 274. Oteiza, *Franciscano*, 1953 .

En conversación mantenida con la conservadora del museo, al levantar la base de corcho inferior se apreció que el hormigón utilizado era claro y que se le había aplicado una pátina posterior sobre la misma.



Figura VI. 275 a 277. Oteiza, *Franciscano*, 1953. Detalles de la pieza en su ubicación actual en el museo.



Figura VI. 278. Oteiza, *Adán y Eva, Tangente S=E/A* 1931. Figura VI. 279. Oteiza, *Visitación de la Virgen a su prima Santa Isabel*. 1949 .

En sus inicios las piezas no son obras refinadas, son toscas con una fuerza enorme todas ellas.

En el panel de acceso a la exposición dentro del museo reza explicando el porqué del uso del hormigón por el escultor, al igual que algunos de los escultores más importantes de las vanguardias encontraron en el hormigón como la base de tierra aglomerada un buen origen de materia para sus primeras obras:

“Lo primero es la tierra, Lo primitivo, lo primigenio, “el caos, la confusión y la oscuridad por encima del abismo” (Gen 1,1). El cemento de las primeras obras de Jorge Oteiza conmemora ese abismo terrenal: la materia desnuda la forma arcaica, y el hondo sentimientos de unos orígenes remotos, oscurecidos por el tiempo, que inspiraron la obra de algunos de los escultores más representativos de las vanguardias de principios del siglo XX”



Figura VI. 280 y 281. Oteiza, *Figura, D/1953*. Oteiza, *Estudio de relieve 1956*

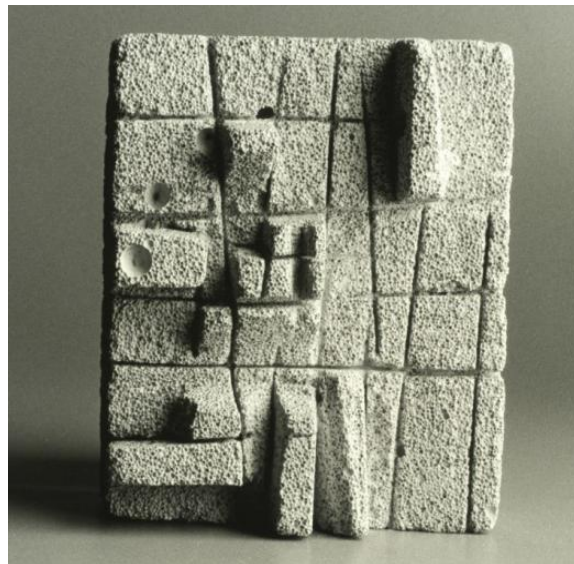


Figura VI.282. Oteiza, *Estudio de relieve/1956-1958*.



Figura VI. 283 y 284. Detalles de piezas realizadas en Hormigón celular y alambre dentro de la instalación *Laboratorio experimental*.

En los años ochenta Oteiza realizó en su taller una instalación denominada *Laboratorio experimental* comúnmente llamada *Taller de Tizas*³⁰ dentro de esta instalación existían gran cantidad de piezas, ejercicios y bocetos a pequeño formato entre cinco y quince centímetros. Algunas de ellas son realizadas en hormigón celular el cual talla, perfora, e inserta metales, tizas y madera.



Figura VI. 285. Oteiza, *Laboratorio experimental*. Detalle de pieza realizada en Hormigón celular y alambre dentro de la instalación



Figura VI. 286. Detalle de la instalación *Laboratorio experimental*.



Figura VI.287. Detalle del taller de tizas

³⁰Más información sobre el *Taller de Tizas* en BADOS, Ángel. (2010). *Oteiza Laboratorio experimental*. Navarra: Fundación Museo Jorge Oteiza.



Figura VI.288. Dentro del taller de tizas existen unos bocetos de lo que luego fue a ser el *monumento al peregrino* situado en Valcarlos (Roncesvalles) la entrada del Camino de Santiago en España.

En la madera de la base se ve como ya indica la proporción del basamento que posteriormente se realizará en hormigón también. Podemos ver como realiza una serie de conjuntos y posteriormente, según se acerca a la idea que más le convence, define un poco más para proporcionar el modelo definitivo.



Figura VI.289 y 290. Oteiza, *Monumento al Peregrino* y vista trasera del Monumento.

Sánchez, José Luis (1926-)

Con motivo de esta tesis se han podido mantener unas conversaciones con el artista en su casa de Pozuelo, durante las mismas se aprecia que era un gran amante de la técnica y que le había aportado grandes satisfacciones; él ha trabajado mucho gracias a que sus márgenes de oferta, sus precios eran muy ajustados y gracias a ello pudo realizar tanta obra. Pudo bajar los precios de esas esculturas gracias a que muchas de ellas fueron realizadas en este material abaratando los costes y ganando las licitaciones.

La mayor parte de estas esculturas son grandes relieves muy bien integrados en los edificios, José Luis Sánchez fue reclamado por grandes arquitectos para que incluyera piezas suyas en los edificios que proyectaban.

En su última etapa, según comenta que trabaja como un arquitecto cuando realiza este tipo de esculturas proyectando la pieza o ejecutando el positivo, y el resto lo realiza una fábrica de prefabricados en hormigón todo ello bajo su dirección.³¹

En la conversación mantenida señaló que el hormigón ha sido un material que ha tardado en reconocerse y que no deseaba ejecutar en visto, siempre se le tapaba. Cuando lo ha utilizado él ha intentado “dulcificar el material” y cree que lo ha conseguido, especialmente en sus figuras doradas.

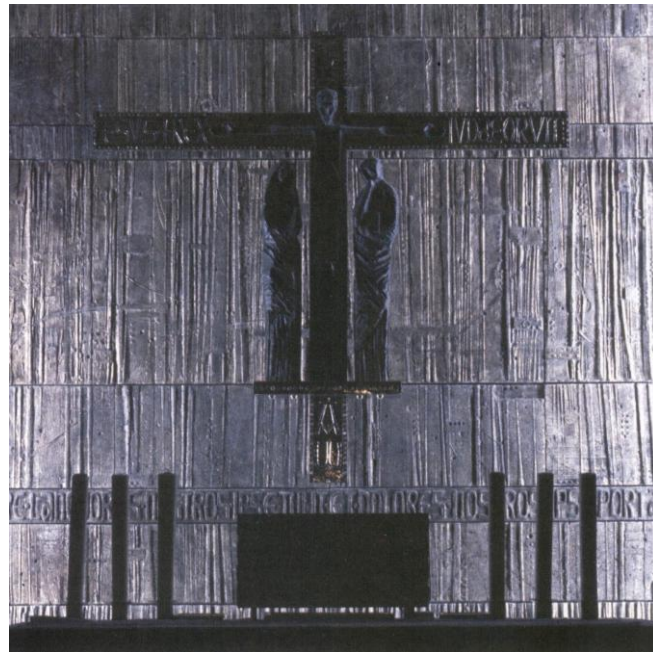


Figura VI.291. José Luis Sánchez, *Retablo de la Capilla de la casa de Ejercicios Espirituales de las Religiosas del Sagrado Corazón de Jesús (Madrid)*1961.

³¹ Como por ejemplo el recinto de los osos pardos en el zoológico de Madrid ver figura VI. 310.

Del Retablo de la Capilla de la casa de *Ejercicios Espirituales de las Religiosas del Sagrado Corazón de Jesús* el escultor expone que esta pieza fue realizada a base de módulos trabajados directamente en negativo para ahorrarse el paso del molde. Lo que hacía era en un marco, introducía una capa de barro de menor espesor que el marco, sobre el barro hacía las incisiones que posteriormente quedarían en la masa final en convexo o aportaba barro para quedasen en profundidad y directamente vertía el hormigón en el marco. Una vez fraguado retiraba el barro modelado y utilizaba el marco para el siguiente módulo.

De esta manera podía abaratar costes y proporcionar una obra de gran calidad y grandes dimensiones.

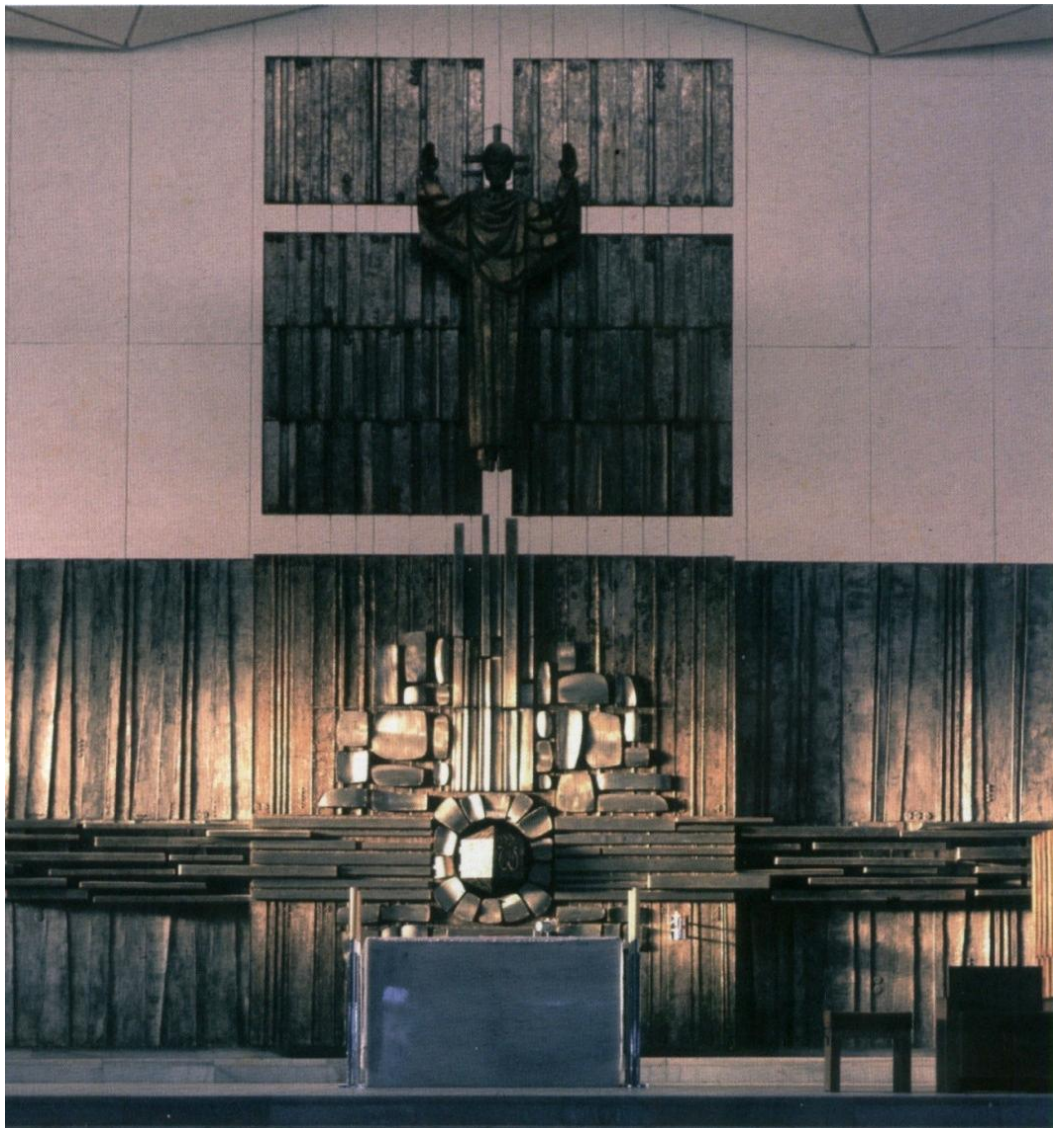


Figura VI.292. José Luis Sánchez, *Retablo de la Parroquia de los Remedios (Sevilla)*, 1962.

La técnica utilizada vista en la figura VI.292 es la misma que la anterior pero en esta ocasión los módulos son de mayores proporciones en su parte inferior.³² Se aprecian claramente las marcas y cortes que realiza al barro para que posteriormente se positivasen y las incrustaciones de chapas de latón.



Figura VI.293. Iglesia Parroquial de Santa Ana, Moratalaz (Madrid), 1967. Arquitecto: Miguel Fisac

Durante la conversación mantenida con el artista hablando sobre las imágenes que él había realizado para la parroquia de Santa Ana de Moratalaz, comentó que la iglesia era “un regalo” que le hacía la constructora a la Iglesia para las viviendas que construía. El proyecto de la Iglesia lo donó el mismo arquitecto M. Fisac por lo que el presupuesto que se tenía era muy bajo, razón por la que se optó por realizarlas en hormigón, modeladas en barro, con moldes de escayola y vaciadas en hormigón. Posteriormente se les dio un tratamiento de dorado. El hormigón dorado se conseguía con pan de oro que le suministraban desde Alemania, encolado y posteriormente raspado para quitar sobrantes. Después se le patinaba con betún de Judea y ceras hasta conseguir el aspecto deseado.

³²Esta técnica viene explicada gráficamente en el capítulo II en el apartado II- apartado 9.2.1 *Esquema por pasos de realización de técnica en negativo para murales de hormigón*, también en el apartado II-9.9 *Incrustaciones* se representa una sección de cómo se acopla una pieza de metal en el modelado de relieve en negativo.



Figura VI.294 y 295. José Luis Sánchez, *Santa Generación de la Iglesia Parroquial de Santa Ana* 1967.

Se aprecia en este conjunto como el Niño y La Virgen – figuras VI. 294 a 298- tienen un tratamiento especial distinto a Santa Ana cuya textura visual es más parecida al hormigón del fondo con menos tratamiento de dorado siendo una transición entre las dos imágenes principales y el fondo.



Figura VI.296 y 297. Detalles más cercanos del conjunto escultórico de la Virgen con Jesús y Santa Ana al fondo.1967.



Figura VI. 298. Detalles más cercanos del conjunto escultórico de la Virgen con Jesús y Santa Ana al fondo. 1967.

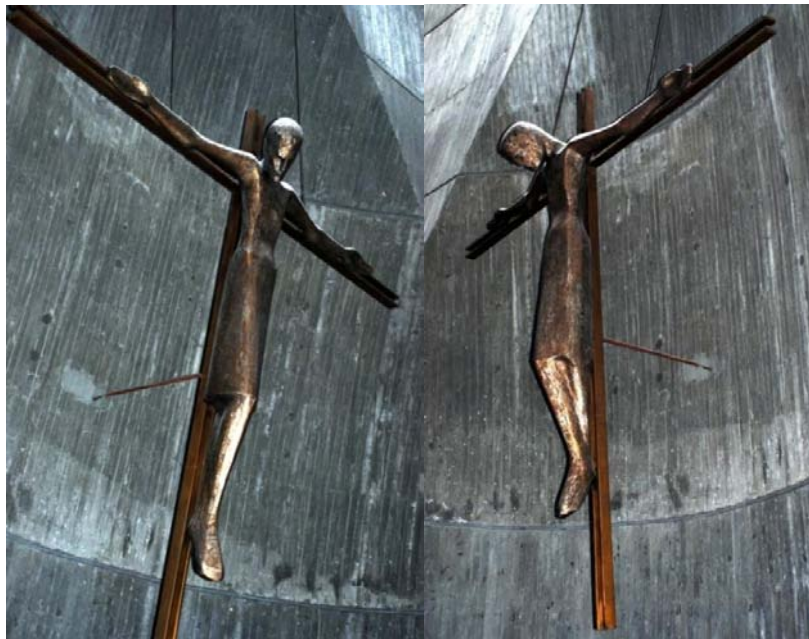


Figura VI.299 y 300. José Luis Sánchez, *Cristo de la Iglesia de Santa Ana*. 1967.

A simple vista nadie diría que esta figura está realizada en hormigón -figuras VI 299 a 301-. El tratamiento de dorado como las anteriores piezas es excelente llegando en este caso a dar un parecido con el metal asombroso. Para la ejecución de este Cristo tuvo que realizar el colado del cuerpo y los brazos por separado dada la complejidad de una única colada. Después

el conjunto fue unido mediante unas esperas de metal³³, posteriormente unidas y tapadas las uniones con cemento, estas uniones son ocultas con el tratamiento de dorado posterior.



Figura VI.301. Detalle del Cristo de la Iglesia de Santa Ana se aprecia el nexo de unión entre los brazos y el torso. 1967.



Figura VI.302 y 303. Detalle de Niña Ana junto al Sagrario de la Iglesia de Santa Ana del barrio de Moratalaz en Madrid, 1967.

³³ Esperas realizadas mediante varilla que se insertan en los dos cuerpos.



Figura VI.304 y 305. José Luis Sánchez, *Doríforo*, 1963. José Luis Sánchez, *Torso de Adán*, 1963.

Estas dos esculturas –figuras VI.304 y 305- fueron realizadas para unas exposiciones en el Parque del Retiro, modeladas en barro, moldes de escayola y positivadas en hormigón y con una técnica semejante a las anteriores en lo referente a la pátina como la de las anteriores láminas alemanas de latón aplicadas con cola raspadas y posteriormente patinadas con betún de Judea y ceras.

Dentro del apartado de “Entrevistas mantenidas por la doctoranda”³⁴ con José Luis Sánchez en la tesis realizada por Mónica Ruiz Trilleros “La escultura construida de José Luis Sánchez” en el 2011, aparecen preguntas relacionadas con las obras aquí aportadas:

“¿Cree que se debe ser necesariamente religioso para realizar obras de arte destinadas a una comunidad de creyentes?

Hablar del arte sacro nos llevaría mucho tiempo. Pero reconozcamos que esa dedicación, esa exaltación de lo religioso, de lo divino, de lo supersticioso, ha llenado casi toda la historia del arte, y en su origen puede decirse que ha sido su motivación principal; ese temor a lo desconocido, ese miedo a la muerte, ese abismo.

En mi caso, y trabajando en un país y en una época en la que lo religioso ha tenido tanto peso (pensemos en el nacional-catolicismo) en la formación y en la educación en las escuelas y por ambiente

³⁴RUIZ TRILLEROS, Mónica. (2011). *La escultura construida de José Luis Sánchez*, Madrid: UCM. Madrid, Páginas 305 y 310.

familiar y social, el conocimiento de la religión, en nuestro caso la cristiano-católica, ha sido consustancial.

Y llegado un momento en que el cauce, llamémosle social, del arte es casi el único que puede permitirte vivir de tu trabajo, tampoco hay que hacer un gran esfuerzo en encauzar los conocimientos, que no tienen porqué ser sentimientos, en una determinada dirección.

Lo que ocurrió en los años 50 es que había una necesidad de renovación de la imagen de los templos debida, entre otras causas, a un deterioro causado por la guerra. Y que esa renovación estaba presidida por la arquitectura, y que esa arquitectura, por falta de medios y por el empleo de materiales modestos resultaban ser unos templos también modestos, en los que encajaban una expresión del arte exenta de ampulosidad.

Es en estas condiciones que un reducido grupo de artistas intentamos integrar una nueva visión del arte que luchaba con un gusto tradicional de riqueza y oropel; en resumen, y siempre en el ámbito de lo artístico, como una especie de reforma de la contrarreforma.

Así surgió una colaboración con arquitectos como Fisac o Fernández del Amo en el que, adelantándose a las directivas del Concilio Vaticano II, se intentó hacer la fachada de la religión católica más cercana al arte visual de nuestro tiempo. Pero fue una misión que no tuvo una respuesta social demasiado positiva.

Podríamos resumir diciendo que toda aquella labor de austeridad ha desembocado en la Almudena. En fin, la pregunta era si es necesario ser religioso para hacer arte religioso. Religioso sí, en el más íntimo sentido del término. Católico no necesariamente. Creo que este es mi caso. Resumen: dogmatismo y libre pensamiento son posiciones contradictorias.

Si hubiera contado con los medios económicos necesarios, en los años 50 y 60, para realizar la obra religiosa en materiales como el bronce y la piedra, se seguiría decantando por el cemento patinado o no? En aquellos años en que colaboraba con los arquitectos en las pocas salidas que a la escultura se le ofrecían era tal la penuria de medios y las limitaciones económicas que sólo recurriendo a materiales humildes se podía intentar un trabajo.

Y el cemento, desde el salto de una sociedad habituada a materiales preciosos y refulgentes, aunque fuesen falsos, era muy aventurado. Pero el trabajo en equipo con arquitectos que se planteaba desde el proyecto una austeridad que era tan obligada como pretendida facilitaba la labor, aunque fuese con el rechazo tanto del clero como de la feligresía.

El enmascaramiento de la ingrata apariencia del hormigón con pátinas que lo disimularan era un ardid para facilitar la tarea.

Y de paso era una forma de trabajar que ayudaba al aprendizaje del oficio.”

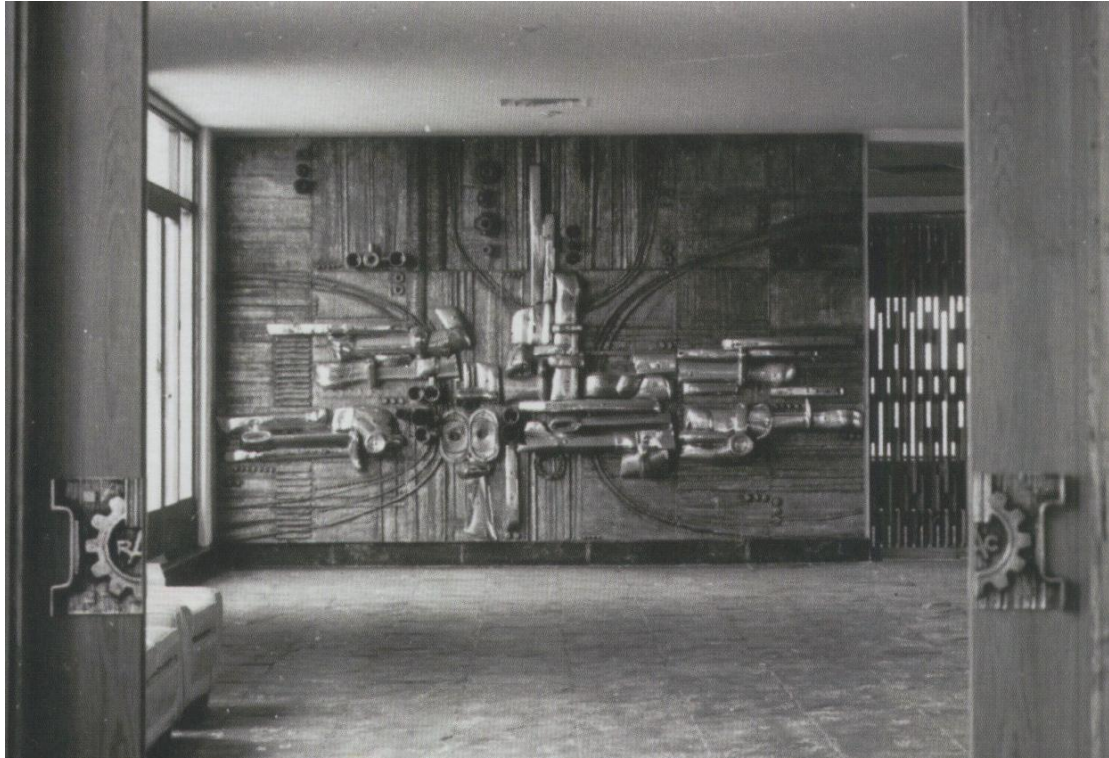


Figura VI.306. José Luis Sánchez, *Relieve en el Real Automóvil Club de España RACE(Madrid)/1966*.

Cuando realizaba relieves por módulos estos podían ir por módulos dentro de un marco de metal o bien a hueso entre ellos. Si eran de grandes dimensiones les incorporaba un mallazo en su interior y de dejaba unos ganchos en su parte posterior para ser colocados en la pared³⁵.

Este relieve – figura VI.306- también realizado en barro como negativo embebía las piezas de chatarra dejando sobresalir un poco del barro la parte trasera que no se fuese a ver y soldando unos ganchos que posteriormente se quedan sumergidos dentro del hormigón. Posteriormente se retiraba el barro y aparecía en su frente la pieza de chatarra deseada ya tratada, dentro del Capítulo II en el apartado de incrustaciones se aporta un detalle de una sección en un relieve en negativo con la colocación de una incrustación.

³⁵ Dentro del Capítulo II en el apartado II-9.9 *Incrustaciones* se presenta un croquis de cómo realizar incrustaciones en un relieve en negativo de barro a modo de cómo lo realizaba el escultor.



Figura VI.307. José Luis Sánchez, *Relieve Interior de la Sala de Conferencias de la Dirección General de RENFE (Madrid)* 1966.

En este relieve –figura VI.307- está realizado con hormigón y traviesas de ferrocarril, el hormigón utilizando con la técnica de barro como molde en negativo y pátina posterior, dejando el resto de la superficie con traviesas cepilladas.

Se aprecia en la superficie del hormigón como ha registrado superficies geométricas en pequeñas incisiones de la misma manera que lo hizo en las esculturas de la Parroquia de Santa Ana de Moratalaz.

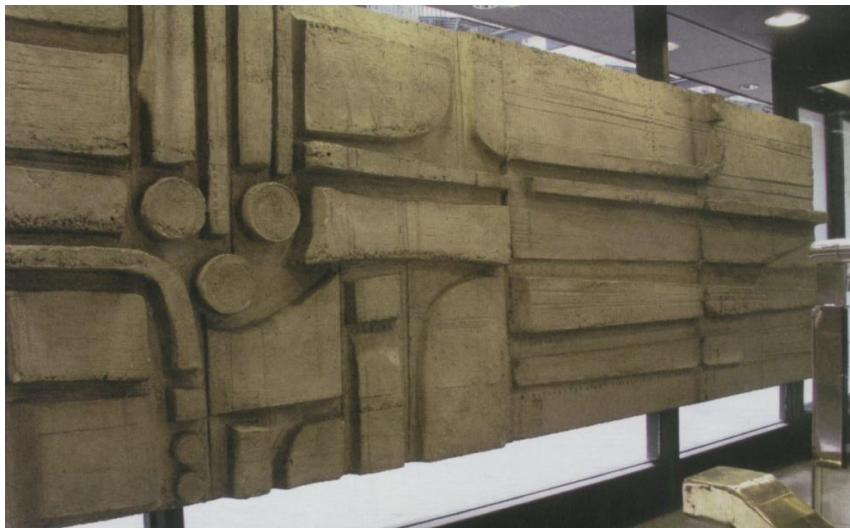


Figura VI.308. José Luis Sánchez, *Relieve en La Consejería de Hacienda, de la Comunidad de Madrid, (antes Banco de Madrid)* 1966.

En este relieve – figura VI.308- fue realizada la colada *in situ* y así unido y anclado a la estructura del edificio, se realizó con un gran encofrado a forma de cofre que por su parte superior abierta se vertió la pasta, los lados interiores del cofre del encofrado que entraban en contacto con el hormigón eran los moldes de escayola a molde perdido, con capa de chivato³⁶ dentro de él se incorporó un armado interior metálico que se adapta a la estructura del edificio anclándose en él. La pieza consta de dos caras, una al interior que podemos apreciar y otra al exterior; en la cara exterior venía el nombre del anterior propietario del edificio que ha tenido que ser tapado.



Figura VI.309. José Luis Sánchez ,Relieve en el Hotel Barajas (Madrid) / 1968.

Este relieve – figura VI.309- realizado con la técnica mencionada anteriormente y la adición de piezas de latón y cobre para esta ocasión, el autor que previamente al hormigonado dejó las huellas de las piezas que posteriormente iban a ser incorporadas, de tal manera que al fraguar tan solo atornilló desde su parte posterior para ser fijadas, quedando así perfectamente encastrado.

³⁶ Capa de chivato, ver en el capítulo II dentro del apartado 9.1 Tipos de acabado y procedimientos de realización de esculturas en hormigón posteriores al desencofrado.

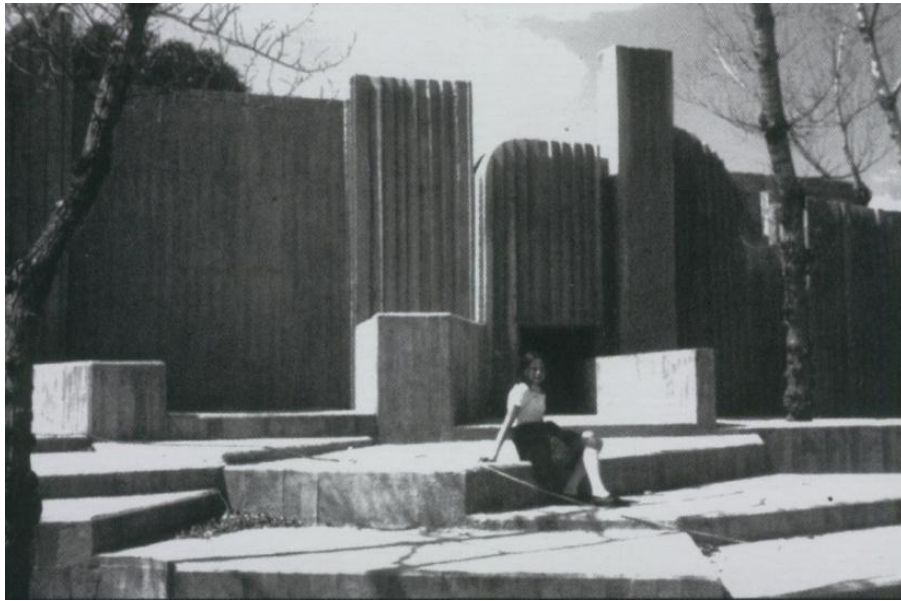


Figura VI.310. José Luis Sánchez, *Albergue de osos pardos*, 1971.

A José Luis Sánchez le fue encargado en 1971 la realización de un apartado del zoológico de Madrid, el albergue de osos pardos- figura VI.310-, según comenta él realizó una maqueta y en base a esta fue calculada por arquitectos y posteriormente dirigió las obras para que todos los matices quedasen de su agrado. La obra se realizó con un hormigonado normal estructural.

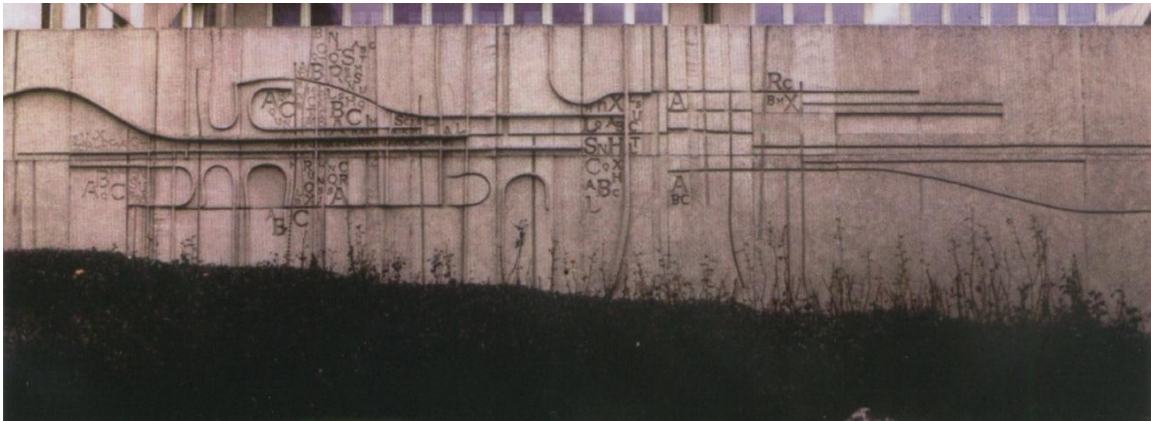


Figura VI.311. José Luis Sánchez, *Homenaje a Gutenberg*, 1988.

Relieve realizado en módulos de dos metros por uno –figura VI.311-, realizado con un negativo en poliestireno expandido dentro de una caja de madera a modo de encofrado. El poliestireno expandido era modelado con una pieza incandescente que comía el sobrante, una vez realizados los moldes los cofres se llevaron a una fábrica de prefabricados donde se

hormigonaron en mejores condiciones que en obra. Para quitar esa primera capa de lechada se le aplico un chorro de arena, el chorro de arena uniformiza la textura de la pieza dado que la capa de lechada no queda uniforme.



Figura VI.312. José Luis Sánchez,*Gregorio Marañón*, 1989.

Escultura encastrada en el edificio- figuras VI. 312 y 313-, la pieza fue realizada en taller con encofrado de yeso y llevada a la obra sin desencofrar el yeso para que fuese protegida en la instalación y transporte, una vez colocada se le retiró el yeso y se le dio un tratamiento superficial de martillina para quitarle la capa de lechada y dejarle textura más rugosa y uniforme.



Figura VI.313. José Luis Sánchez,*Gregorio Marañón* 1989.

Sauras, Javier (1944-

Según comenta el escultor durante la conversación mantenida respecto al hormigón en su obra, la escultura *Monumento Conmemorativo* –figura VI.314- es un prisma que se introduce en la tierra que en su parte superior es cortado por dos V de Viviendas Vizcaya. La constructora no se ajustó del todo a su boceto pues agudizó más el ángulo de las V en su parte superior. Para dar una explicación de esto realizó un croquis que aquí se adjunta, figura VI-315.

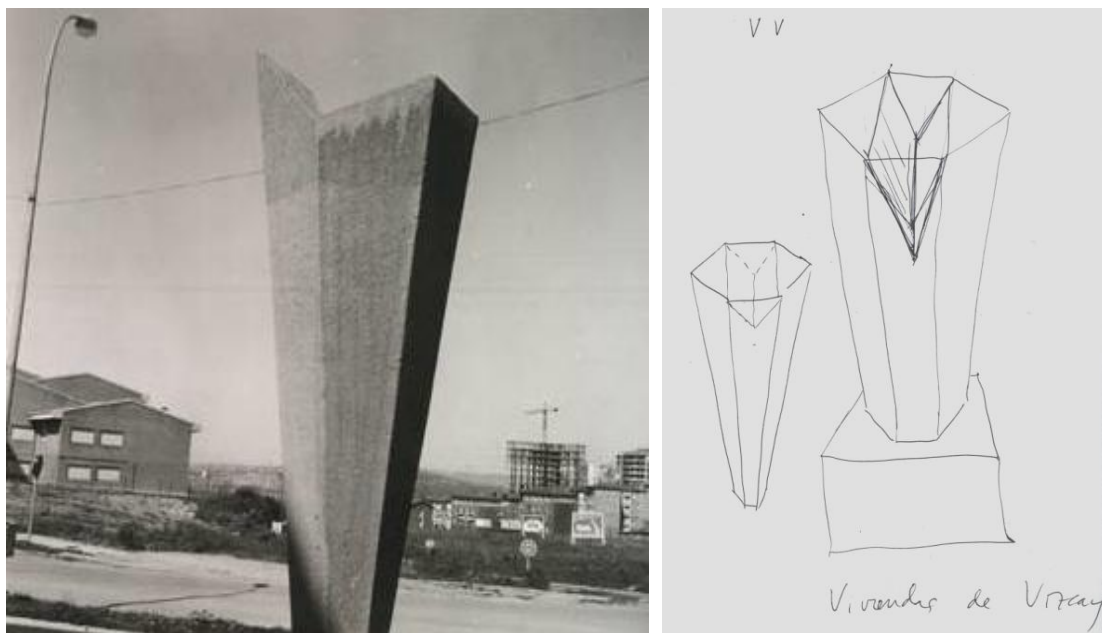


Figura VI.314 y 315, Javier Sauras, *Monumento conmemorativo, Viviendas Vizcaya*, 1971. Detalle y croquis.

Estando ya como docente en la universidad de Bilbao se le encarga realizar un Monumento a Miguel de Unamuno para el Rectorado de la Universidad del País Vasco en el campus de Leioa (Vizcaya).

La escultura fue modelada en barro –figuraII-49- intentando diferenciarse del conocido retrato de Victorio Macho y vaciada en escayola. Una vez reforzada la escayola hasta un espesor de unos 8cm y selladas las juntas se sumergió en un montón de arena en una ladera de Valmaseda y una vez dentro se hormigonó, recién vertida la masa se vibró suficientemente. Posteriormente con una grúa se llevó a la universidad donde allí se desencofró. Dos años más tarde se realizó el pedestal y se instaló en la puerta de la biblioteca; posteriormente se trasladó.

Recientemente se ha realizado una réplica en bronce tomada directamente de la pieza de hormigón que también está en la misma universidad.

En 1996 Javier Sauras realiza una gran escultura para la carretera Nacional 330 – figurasVI.317 a 320- en área de servicio de Villanúa (Huesca). Al tener una gran masa en su

parte superior y desplazada del eje, la escultura lleva consigo una gran complejidad en su elaboración que llevó a realizar un proyecto presentado por los ingenieros de caminos de aquella obra depositada en la delegación de carreteras de Huesca.



Figura VI. 317. Javier Sauras, Llave del Camino, 1996.

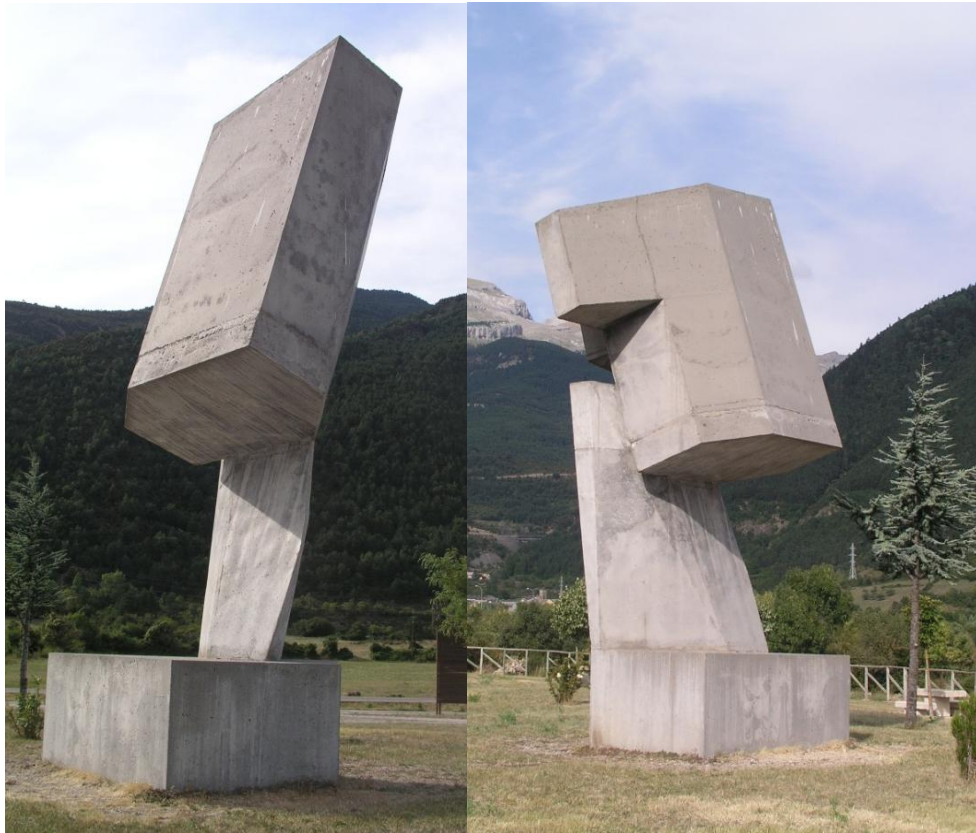


Figura VI.318 y 319. Javier Sauras, *Llave del Camino*, 1996. Parte frontal de la escultura.



Figura VI.320. Javier Sauras, *Llave del Camino*, 1996.

En estas últimas fotografías de la escultura “Llave del Camino” figuras VI 317 a 320, se aprecia la gran masa y la esbeltez del fuste de unión con la base, lo que facilita ver la

dificultad de la elaboración de la escultura con el gran armado interior que lleva para poder sostener la masa superior.

Se aprecia también la limpieza de los planos conseguida por un encofrado de paneles fenólicos y un buen vibrado evitando así la aparición de coqueras.

En el Museo del Dibujo de Llares (Huesca) se encuentra una escultura de Javier Sauras, llamada *Triple estela*-figuras VI.321*328-. En la conversación que se mantuvo con el escultor comentó que estuvo años el encofrado sin hormigonar y posteriormente resurgió el proyecto y se terminó de realizar.



Figura VI.321. Javier Sauras, *Triple Estela*, 2002.

La pieza está envejeciendo bien con algo de liquen en su parte superior, protegida en uno de los laterales de los jardines del Museo al amparo de un muro y unas coníferas. Desgraciadamente ha sufrido ataques de vandalismo con pintadas en alguna de sus caras.



Figura VI.322 y 323. Javier Sauras, *Triple Estela* 2002. Vistas laterales.



Figura VI.324 a 328. Detalles de ejecución, formación de líquenes y de vandalismo con la realización de pintadas sobre la pieza.

En la exposición *Alchimia Materiae*³⁷ en Zaragoza- figuras VI.329 a 338-, el escultor realiza una serie de esculturas en hormigón junto con otras de madera y acero. Estas esculturas son realizadas con encofrados de madera, al igual que en las partes interiores o huecos que posteriormente retira a base de horadarlas con gubias.

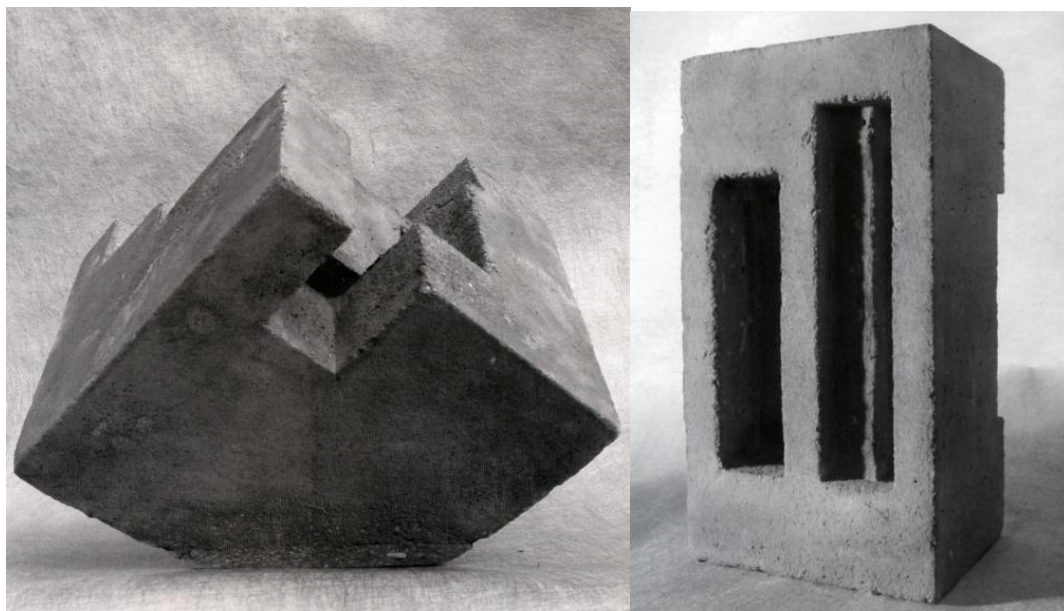


Figura VI.329 y 330. Javier Sauras, *Emanatio Aurorae*, 2003. Javier Sauras, *Corpus Pitagoricum*, 2003.

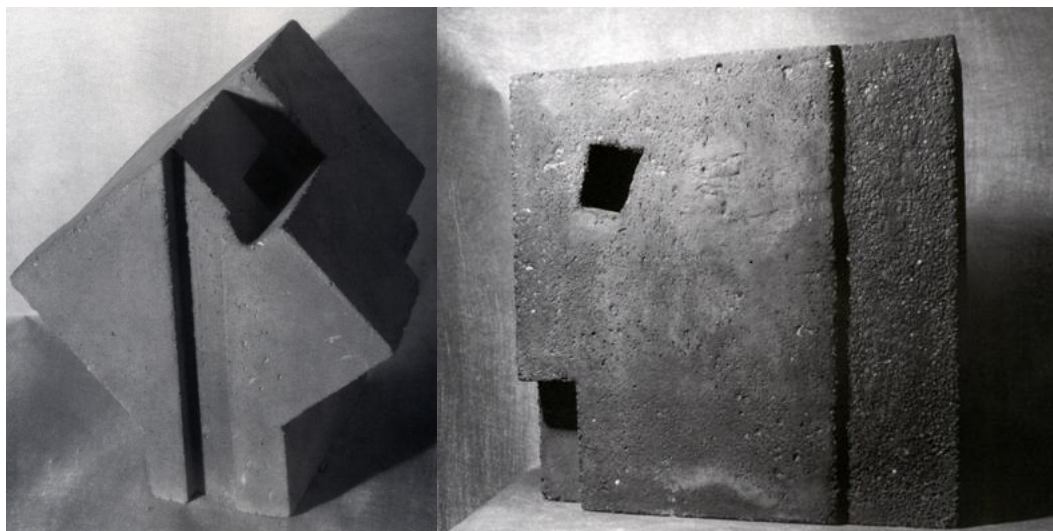


Figura VI.331 y 332. Javier Sauras, *Sublimatio (spiritusmundi)*, 2003. Javier Sauras, *Opus augurale Et in Arcadia ego*, 2003.

³⁷SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Todas las piezas tienen un aspecto sobrio y rudo, los vértices son porosos no definidos. Para obtener este tipo de textura se debe realizar un hormigón de consistencia seca³⁸ o no sellar del todo los vértices del encofrado; al filtrarse algo de agua con cemento el canto queda así un poco más romo.

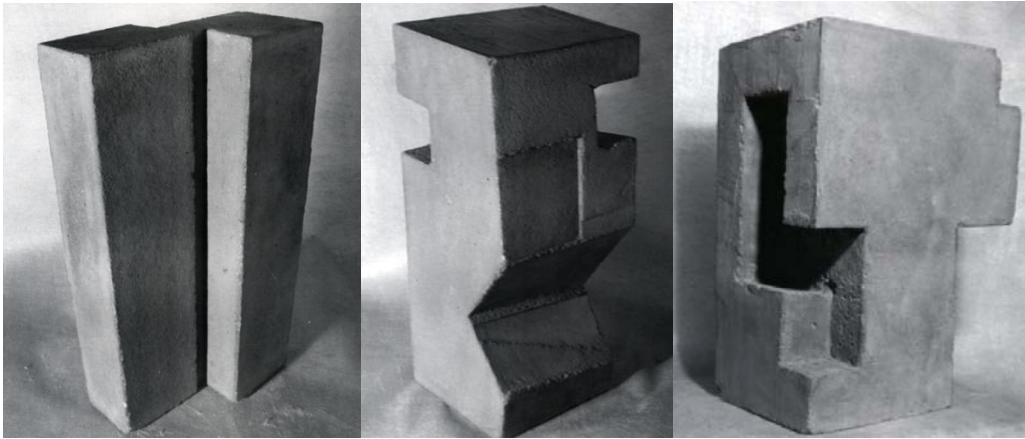


Figura VI.333 a 335. Javier Sauras, *Aggregatio (studium aeternitatis)*, 2003. Javier Sauras, *Arcanussapientiae*, . 2003. Javier Sauras, *Coagulatio (in lapidem cogere)*, 2003

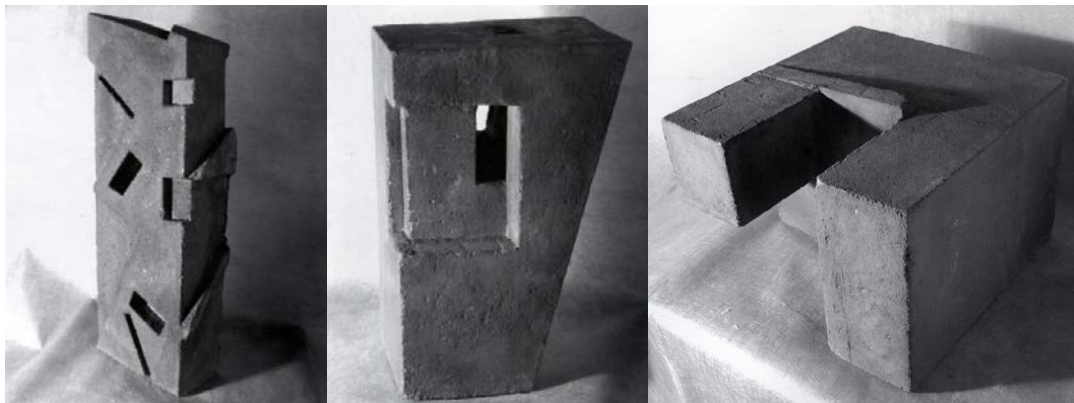


Figura VI. 336 a 338. Javier Sauras, *Tabula smaragdina*, 2003. Javier Sauras, *Virago*, 2003 y Javier Sauras, *Omen*, 2003.

³⁸Ver *consistencia* en el capítulo II dentro del apartado II-6.5 Comprobaciones básicas.

Sempere, Eusebio (1923-1985)

El hormigón para Eusebio Sempere fue un material que tocó puntualmente, concretamente en dos piezas que están en el *Museo al aire libre de Escultura Contemporánea* de Madrid.

Estas dos piezas fueron realizadas en 1972 y son funcionales. Una de ellas es *Banco en S* -figura VI.339- y otra es *Fuente* -figura VI.340-.

Ambas están realizadas en hormigón blanco y fueron realizadas modularmente.



Figura VI.339.Eusebio Sempere *Banco en S*, 1972.

Los bancos están en un estado de conservación impecable y su ejecución es muy buena. El estado de definición de su superficie es bueno, sin apreciarse coqueras y con unos vértices bien trazados.

La escultura *Fuente* -figura VI-340- es una gran pieza situada en uno de los límites del Museo debajo del puente de Rubén Darío. La pieza es reforzada con la caída de agua por ella, el deslize de la lámina de agua por la misma potencia el sentido de ola que la forma destaca.



Figura VI.340. Eusebio Sempere, *Fuente* .1972.

La *Fundación Eusebio Sempere* ha tenido la amabilidad de facilitar para este trabajo de investigación unos bocetos que realizó el artista para la realización de la pieza en objeto – figuras VI. 342 a 345-. En ellos se aprecian las anotaciones de las dimensiones de los distintos módulos que la componen así como la colocación de los mismos.



Figura VI.341.Eusebio Sempere *Fuente* .1972 .Vista general de la escultura

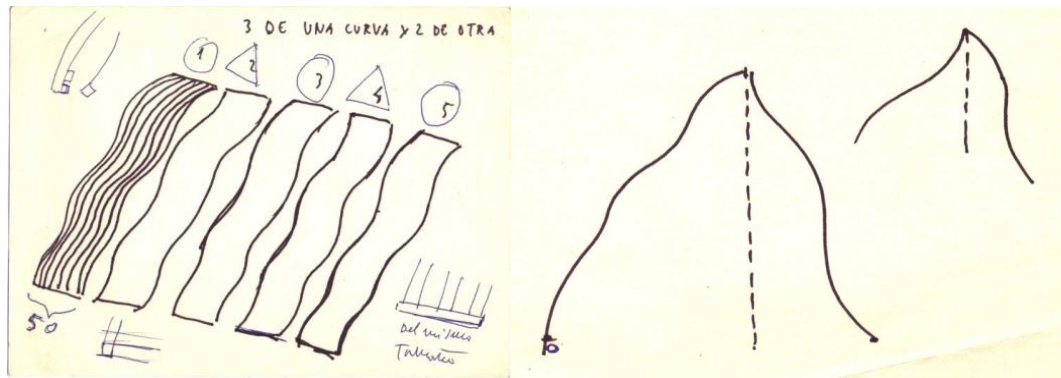


Figura VI.342 y 343. Boceto de la pieza realizado por el artista indicando el ancho de los mismos así como la colocación de cada una de las piezas. La pieza consta de dos módulos diferentes.

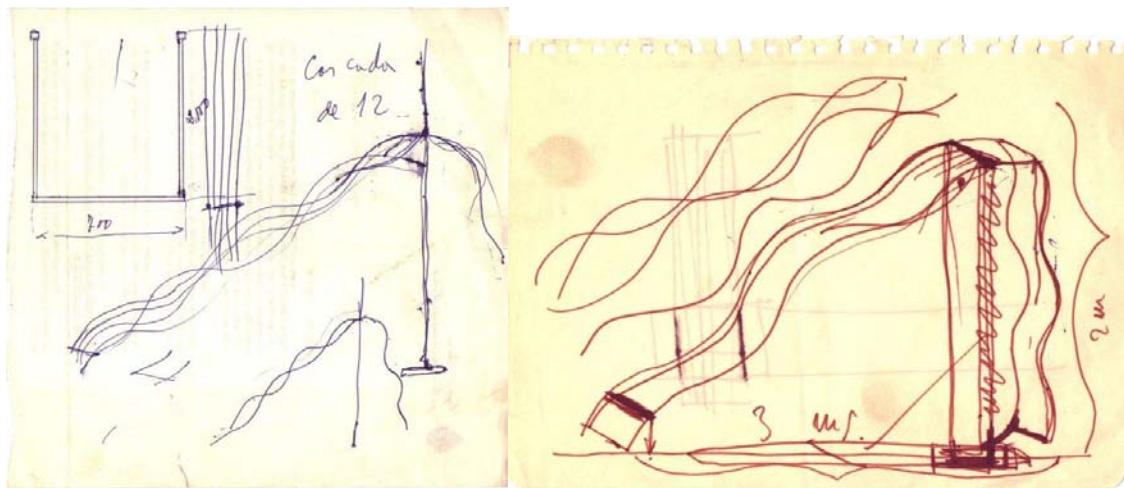


Figura VI.344 y 345. Eusebio Sempere, *Fuente*, 1972. Bocetos de la pieza detalles de la pendiente de los módulos.

Boceto de la escultura *Fuente*, dimensiones de la pieza. Apparently the original idea was that the piece had two fronts of water fall, for the situation in which it is found; currently the more vertical front was eliminated.

The sculpture in itself enjoys a perfect state of conservation as well as one can appreciate a perfect execution of the same.

The Piece has been realized through the generation of two modules one of them asymmetric and the other with a symmetry of two undulations, the modules repeat a total of nine times being the asymmetric the one that repeats the most placed once with the part more convex upwards and another downwards, generating a sensation of small waves that reinforce when passing through its surface a thin continuous and uniform sheet of water.

Vaquero Turcios, Joaquín (1933-2010)

En este apartado de Vaquero Turcios se analizan las tres obras claves en esta técnica del autor; El Mirador en la citada presa, el Monumento al descubrimiento de América en la plaza de Colon de Madrid, y el Monumento a Goya. Mientras que la primera es representativa de la arquitectura de los sesenta, con técnica depurada y tranquila, sus últimas obras son mucho más potentes con texturas fuertes y muy pronunciadas.



Figura VI.346. Vaquero Turcios. *Mirador de Sálime*,. Actualmente le llaman coloquialmente “La boca de la Ballena”,1955.

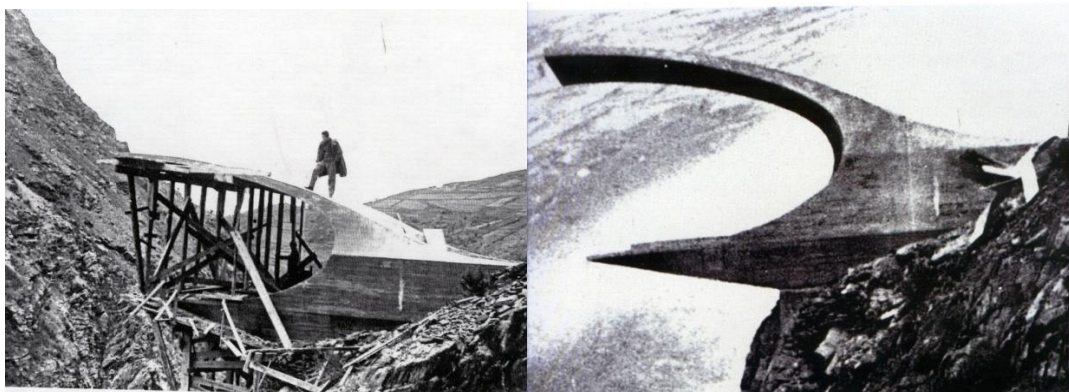


Figura VI.347 y 348. Dos fotografías del proceso de construcción del *Mirador de Sálime* en 1955.

La fotografía superior - figura VI.348- del Mirador de Sálime se aprecia la obra, ya habiendo desencofrado sin parapeto colocado y la figura VI 347 se encuentra en su proceso de fraguado del hormigón con el escultor sobre ella. El encofrado se puede observar que ha sido realizado por listones de madera y con unos cálculos estructurales muy bien ejecutados para lograr esbeltez en la marquesina.

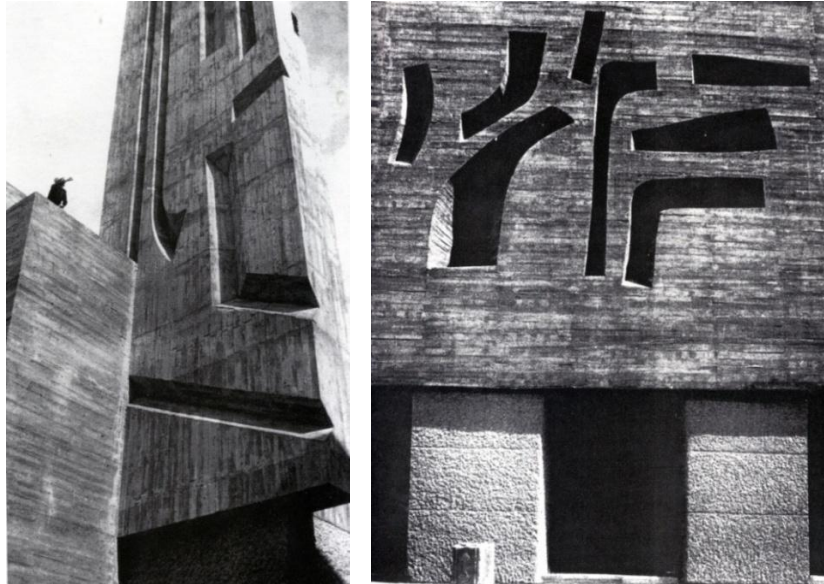


Figura VI.349 y 350. Vaquero Turcios. *Iglesia de El Salvador de Soria*, 1970.

Iglesia de *El Salvador* en Soria –figuras VI.349 a 351- , murales en la fachada principal de la iglesia cuyas hendiduras conforman vidrieras en el interior y el campanario espiga de 18 metros de altura. Realizado en hormigón armado con encofrado de tabloncillos de madera en 1970.



Figura VI.351. Vaquero Turcios. *Iglesia de El Salvador en Soria*, 1970.

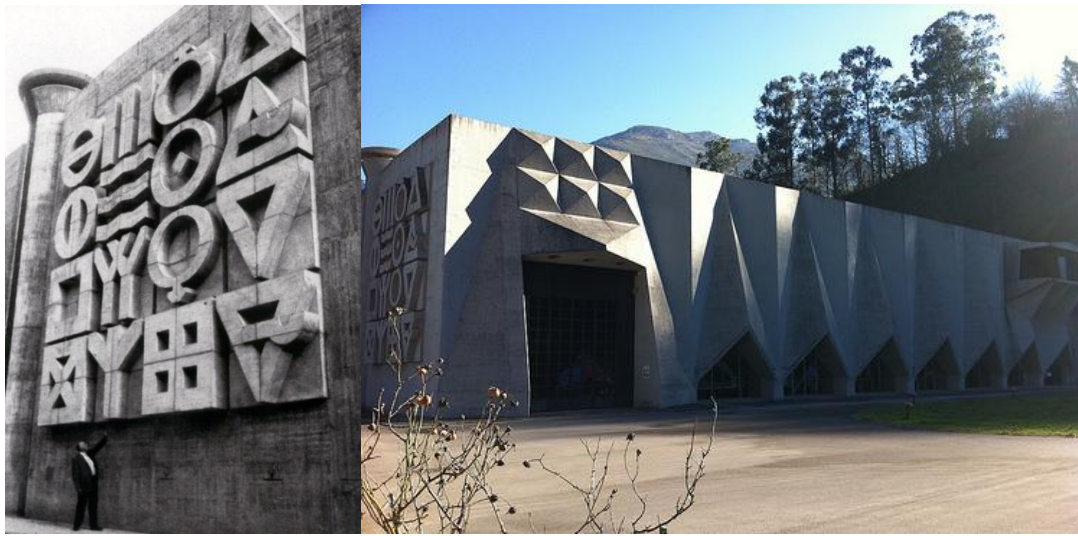


Figura VI.352 y 353. Vaquero Turcios. *Símbolos de Alquimia*, 1979. Central Hidráulica de Proaza, Mural en hormigón.

El relieve de la central hidráulica de Proaza –figura VI.352 y 353– está realizado por 64 módulos cuadrados que se juntan de cuatro en cuatro para formar un símbolo de la Alquimia. Formando así dieciséis diferentes para conseguir esa textura tan plana y vértices tan definidos el encofrado se puede realizar con paneles fenólicos reforzados mediante contrafuertes para evitar ondulaciones y mantener los vértices uniformes. Los módulos están fijados al muro de hormigón mediante anclajes metálicos.



Figura VI.354. Vaquero Turcios. *Relieve en hormigón*, 1979.



Figura VI.355. Vaquero Turcios. *Monumento al descubrimiento de América*, 1977.

Monumento al descubrimiento de América

El Monumento al descubrimiento de América, situado en la plaza de Colón de Madrid lindando con el Paseo de la Castellana y con la calle Serrano, dos de los ejes más importantes de la ciudad, es un monumento realizado en hormigón con cuatro piezas de gran volumen de formas prismáticas irregulares con caras en las que el escultor cambia las texturas introduciendo textos, figuras y abstracciones.

Fue realizado a base de muros de hormigón armado y forjados del mismo material ocultando la unión de los mismos con texturas superficiales semejantes. A los encofrados les añadía los volúmenes que quería que se registrase para formar los relieves.



Figura VI.356. Vaquero Turcios. *Monumento al descubrimiento de América*, 1977.



Figura VI.357. Vaquero Turcios. *Monumento al descubrimiento de América*, 1977.



Figura VI.358. Vaquero Turcios. *Monumento al descubrimiento de América*, 1977.



Figura VI.359. Vaquero Turcios. *Monumento al descubrimiento de América*, 1977.

Detalles de la escultura Monumento al descubrimiento de América.



Figura VI.360 y 361. Detalle de formación de hendiduras superponiendo a los planos de encofrados prismas de sección triangular.



Figura VI.362 y 363. Símbolos del Escudo Español con Castilla y león las barras de Aragón, la Granada del reino de Granada y las barras cruzadas de Navarra, y detalle de barras en las que afloran las armaduras.

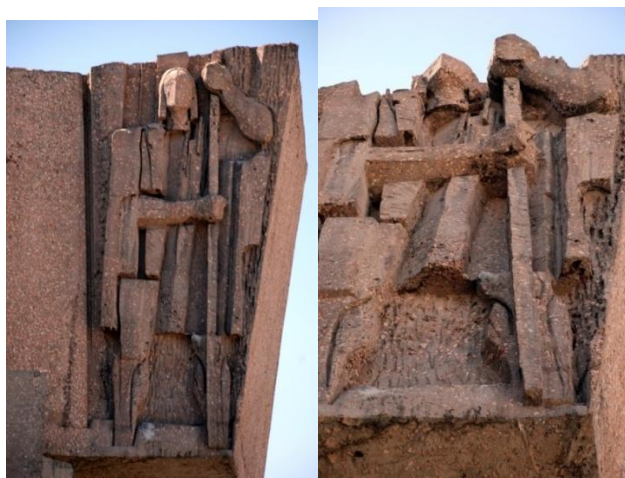


Figura VI.364 y 365. Dos vistas más cercanas del relieve de Colon.



Figura VI.366 y 367. Detalle de indígenas y foráneos.

Aparentemente la forma más lógica de realizarlos sería bien modelado en barro y sacado molde del mismo, bien realizado en poliestireno expandido y sacado molde del mismo y sobrepuesto a los encofrados del volumen total de la pieza.



Figura VI.368. Detalle de figuras de abanderados.



Figura VI.369 y 370. Detalle del espolón del conjunto.

Distintas texturas encontradas en la escultura.



Figura VI.371 y 372. Picado a puntero en salteado. En las zonas donde hay texto deja la tersura del encofrado con la lechada en visto en otras picado a puntero en pequeñas líneas en paralelo. Figura VI.373. Picado en líneas paralelas con perforadora hidráulica (picado demasiado profundo dejando aflorar las armaduras).



Figura VI.374. Textura en basto sin chorro de arena.



Figura VI.375. Textura en basto con y sin chorro de arena. Se puede observar que el árido utilizado es de achaque con arista vIa no de canto rodado.



Figura VI.376. Detalle de cuatro restos de tirantes del encofrado formando un cuadrado. Los tirantes iban formando una retícula para que la presión del hormigón no deformase los encofrados y estaban dispuestos a una distancia de unos cincuenta centímetros aproximadamente entre ellos.

Patologías apreciadas en la escultura de *Descubrimiento de América*.



Figura VI.377. Afloramiento de armaduras. Oxidamiento de las mismas y desconche y rotura de la pasta.



Figura VI.378 y 379. Detalle de oxidaciones por aparición de armaduras.

Al aflorar, un resto de tirante se ha oxidado y provocado una colada de restos de óxido por la superficie. En la otra fotografía se aprecia cómo en la formación de la textura superficial realizada por martillo hidráulico se ha alcanzado las armaduras que con el tiempo se han oxidado dilatado y provocado la formación de fisuras y roturas a su alrededor.



Figura VI.380. Una de las pocas coqueras que aparecen en la gran superficie de la escultura.



Figura VI.381. Fisuras por retracción; puede que sean bien por un secado rápido y absorción de agua por el encofrado, o porque esa parte de la lechada no hubiese sido bien mezclada y tuviese demasiado cemento en la pasta, opción ésta más improbable. Se puede ver como las letras del texto fueron pintadas posteriormente al desencofrado.

Monumento a Goya

Vaquero Turcios realizó Junto a la Escuela de Cerámica de Madrid en 1996 un monumento en hormigón armado formado por cuatro muros de cuatro metros de alto por tres de ancho aproximadamente.



Figura VI.382. Vaquero Turcios. *Monumento a Goya*. 1996.

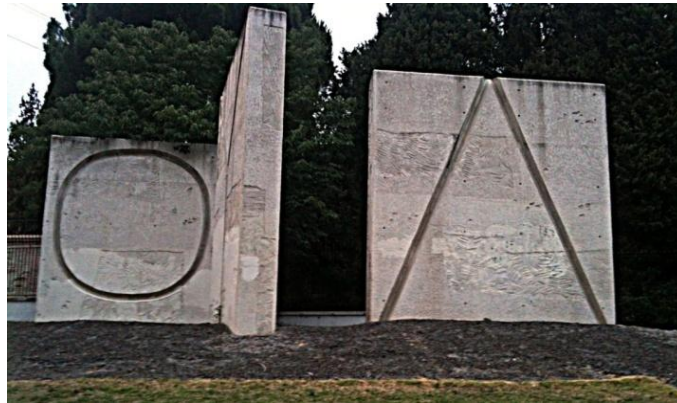


Figura VI.383. Vaquero Turcios. *Monumento a Goya*.1996.

La ejecución del monumento fue la realización de cuatro muros de hormigón armado con una retícula de tirantes para evitar la deformación de las caras por el empuje de la masa. En esta ocasión oculta la salida de las cabezas de los mismos para que no aparezcan manchas de óxido.



Figura VI.384 y 385. Vaquero Turcios. *Monumento a Goya*. 1996

Las letras grandes que conforman la palabra GOYA las hace de modo semejante a las incrustaciones del monumento a El Descubrimiento de América con prismas de sección triangular flexibles que adapta al encofrado.

También añade textos a las superficies y texturas abstractas con formas irregulares y en planos generales con texturas de aplicaciones mecánicas de las superficies sin la agresividad de los medios utilizados en el monumento anterior, y evitando patologías.

Mientras que en la plaza de colon no se advierten actos de vandalismo como grafitis, la escultura en este monumento ha tenido que ser rehabilitada con una capa de pintura anti grafitis con un tono aproximado a de la pasta.



Figura VI.386 a 387. En estas tres imágenes vemos como el artista ha conseguido distintas texturas, sumando a los encofrados generales de volumen planchas irregulares de madera o poliestireno expandido de alta densidad a las cuales les ha realizado distintas incisiones aparentemente con una herramienta semejante a un hacha que al sustraer material forma volumen al hormigonar.

Por otra parte, para formar líneas fija sobre el encofrado tiras de material que posteriormente fuese fácilmente retirado para dejar el rastro de la hendidura igualmente que las letras de los textos.



Figura VI.388. Las letras fueron recaladas con pintura y las partes dañadas con grafitis han sido recientemente pintadas para taparlos.



Figura VI.389 y 390. Toda la superficie que no tiene texturas o está grafiada, fue tratada con bailarín para terminas con la lisura del encofrado.

En las figuras VI.389 y 390 se ven los huecos dejados por los tirantes y alguna coquera poco considerable.



Figura VI.391 y 392. Detalle de la formación de las letras de GOYA con prismas de sección triangular.



Figura VI.393 y 394. Detalles de las zonas más rugosas para la realización de relieves abstractos.

Aparentemente fueron realizados adosando a los encofrados lisos planchas de poliestireno expandido o madera de aglomerada de formas irregulares a las que el artista se ve

que ha realizado incisiones con herramienta cortante en las que unas veces dejaba solo la incisión o corte y otras descarnaba llevándose un trozo que al positivar con el hormigón crea volumen.

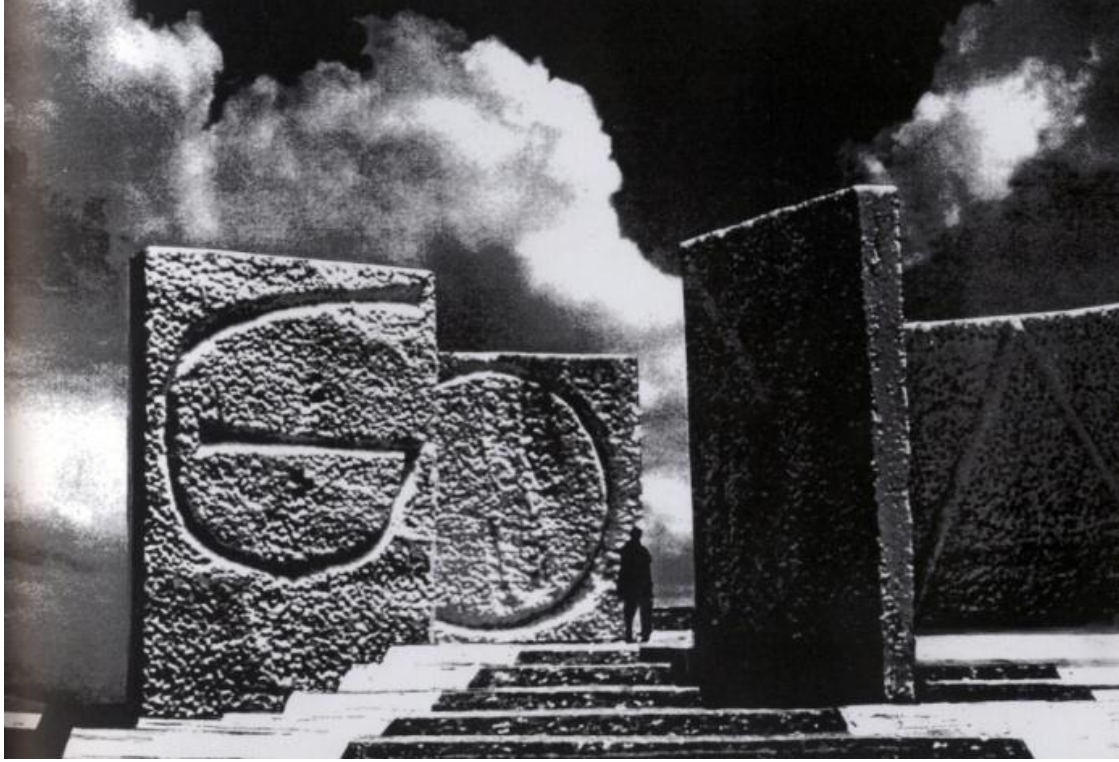


Figura VI.395. Vaquero Turcios. *Monumento a Goya*, 1996. Maqueta preliminar, se aprecia una textura mucho más rugosa que la final adoptada.

Capítulo VII

Conclusiones

Capítulo VII. Conclusiones

Conclusiones Generales

- El hormigón es el único material con el que se pueden realizar obras de gran formato en una única pieza, con costes moderados. El resto de los materiales deben de ser ensamblados, teniendo el problema de las juntas, que rompen la uniformidad y son en muchas ocasiones el origen de patologías.
- El bajo coste del material y la crisis actual hace suponer que se volverán a realizar muchas obras en hormigón para poderse ajustar a los costes actuales.
- La nueva maquinaria ha facilitado mucho la realización de obras en esta técnica, como la posibilidad de poder ser servido por fábricas, tanto de realización del mortero a gran escala, como de moldes en fábricas de prefabricados.
- Su fácil realización y rápida reproducción permite hacer grandes murales y relieves con precios relativamente bajos.
- Los escultores están continuamente analizando la continua proliferación de nuevos componentes del hormigón, así como técnicas innovadoras, de tal manera que aparecen nuevas ideas asociadas a la escultura con cada una de ellas.
- Gran parte de los escultores han utilizado esta técnica primordialmente en sus primeros pasos, por su accesibilidad y bajo coste.
- El hormigón es un material muy vivo, en la actualidad escultórica, se ha observado que escultores jóvenes están siendo atraídos por la técnica y realizan gran parte de su obra en hormigón. También se continúan realizando exposiciones de obras realizadas en hormigón, en el año 2013 en París y en Milán, incluso como única técnica como en *Betonart 7* exposición colectiva anual, realizada en Francia, país muy ligado a esta material.

Conclusiones del capítulo I

- El hormigón es un material que siempre ha estado relacionado con la construcción y desde sus orígenes la técnica del hormigón no ha parado de evolucionar cada vez más satisfactoriamente, solo a partir de los años veinte del siglo pasado ha comenzado a utilizarse como material escultórico.

Conclusiones del Capítulo II

- Todas las propiedades naturales del hormigón una vez fraguado corresponden a las de un material escultórico definitivo, dureza, resistencia al tiempo, resistencia a los agentes atmosféricos, resistencia al fuego, impermeabilidad.
- Las propiedades del hormigón anteriores al fraguado como fácil manejo y trabajabilidad y su propiedad de poderse amoldar a la forma deseada le hacen tener un gran potencial escultórico.
- La baja toxicidad que tiene si se trabaja con las medidas de seguridad adecuadas.
- Bajo mantenimiento si la ejecución es adecuada.

- Recomendar ver el cuadro de usos de tipos de cemento dispuesto en anexos para la elección del mismo antes de realizar la escultura para poder elegir el tipo de cemento dependiendo de las condiciones de ejecución y ubicación de la pieza.
- No recomendar el uso de cemento aluminoso en la realización de esculturas, si la ubicación de la escultura va a estar en el exterior expuesta a los cambios de humedad y temperatura.
- Recomendar el cemento blanco para la realización de esculturas por su calidad y fácil manejo del color mediante aditivos.
- La gran variedad de áridos existentes en el mercado actual hace más fácil la elección del color, la escultura, frente a anteriores décadas que solo se recurría a pátinas posteriores.
- El mercado actual nos ofrece también gran variedad de pigmentos testados, que en la actualidad facilita la elección del color en esta técnica, las empresas de aditivos y cementeras están continuamente sacando al mercado nuevas tonalidades.
- En las últimas décadas, junto al cemento, el agua y los áridos, los aditivos son componentes básicos del hormigón. Añadiendo pequeñas cantidades de aditivos superplastificantes (en cantidades no superiores al 1% en masa de cemento), al agua de amasado del hormigón, se pueden conseguir propiedades mejoradas sobre los morteros y hormigones, hasta tal punto que el uso de estos aditivos, ha revolucionado la tecnología del hormigón fundamentalmente en dos direcciones: en términos de la reducción de la relación agua/cemento que conlleva una mejora de las resistencias y durabilidad; en referencia a la comodidad de manejo de los hormigones.
- La nueva maquinaria para mezclado del hormigón que ha aparecido en las últimas décadas facilita el trabajo del escultor pudiendo realizar una mezcla homogénea in situ, en casos de gran cantidad de masa a realizar la proliferación de centrales de suministro de hormigón y los camiones hormigoneras suministran hormigones específicos directamente a taller o en la localización final de la escultura si se realiza in situ.
- Los vibradores actuales mejoran ostensiblemente la calidad del hormigón tanto en cualidades mecánicas como en registro exterior, anteriormente los hormigones eran generalmente muy bastos con gran cantidad de coqueras que favorecían la aparición de patologías.
- La existencia de nuevos materiales tanto en elastómeros como resinas nos proporcionan muy buenos materiales para la reproducción seriada de esculturas de hormigón.
- El vaciado en hormigón es cada vez más utilizado dadas las prestaciones de registro que da en la actualidad.
- La técnica de modelado en negativo en barro y hormigonado directo dando un material resistente y duradero abarata costes y acorta tiempos de producción, siendo ideal para grandes relieves al exterior.
- La utilización de moldes de poliestireno expandido en negativo tanto para relieves como para volumen hace junto con el hormigón un tándem genuino para realización de abstracciones orgánicas.
- El gunitado del hormigón ha abierto un sinfín de posibilidades dentro de la técnica de la realización de esculturas en hormigón. El método del gunitado para el hormigón enriquece la técnica dado que abarata costes (en esculturas de gran tamaño), se pueden realizar piezas de gran tamaño en corto tiempo y se reduce muchísimo el peso de las mismas.
- Las técnicas tradicionales de vaciado tanto en hueco como en masa son perfectamente aplicables al hormigón con resultados muy satisfactorios y con abaratamiento de costes en muchos casos.
- Al igual que con cualquier otra técnica debemos de mantener la mínimas medidas de seguridad y salud aun a sabiendas de que el material bien utilizado es de baja toxicidad.

Conclusiones del Capítulo III

- Los nuevos polímeros y fibras tanto plásticas como metálicas, permiten realizar en la actualidad hormigones con cualidades mecánicas antes insospechables pudiendo llegar a tener partes del mismo con muy finos espesores dotando a este material a la posibilidad de nuevos campos de actuación.
- Las fábricas de prefabricados de hormigón nos pueden servir en muchos casos para la realización de esculturas que por falta de medios en nuestros talleres nos imposibilitarían la realización de las mismas, a ello hay que añadir la cualificación de sus operarios y la gran experiencia en el material.
- Continuamente están apareciendo en el mercado técnicas relacionadas con el material desde foto impresiones, nuevos moldes elastómeros, aditivos, cementos especiales... con los que podemos solucionar posibles problemas técnicos o nos generan ideas para la realización de esculturas novedosas en el material.
- La robotización ha abierto un campo nuevo en la escultura en general y en particular en el hormigón, los brazos robóticos pueden llegar a realizar delicadezas que no serían posibles de realizar a mano o que nos llevasen tiempos implanteables de realización.

Conclusiones del Capítulo IV y VI

- La época dorada de la escultura en hormigón fueron las décadas de los 60 a 80 del siglo pasado, cuanto una gran mayoría de las esculturas y relieves que se realizaron fueron en esta técnica. Por conversaciones mantenidas con diversos artistas de aquellas generaciones todos coinciden en su bajo coste y rapidez, entre otras cualidades del material, les llevaron a obtener contratos de obra al poder ajustar más los precios, sin deterioro de la calidad de las mismas.
- Existe una íntima relación entre el material y la arquitectura más aún si es realizado en bajo relieve que se integrándose y haciendo formar parte en ella totalmente.
- Desgraciadamente algunas de las piezas realizadas por Chillida en este material se encuentran en muy mal estado especialmente la colocada frente a la Fundación Juan March de Madrid.
- De todos los artistas aquí estudiados se pueden destacar la destreza en la técnica de Ángel Mateos Bernal, Federico Assler, Constantino Nivola, José Luis Sánchez y Miguel Fuentes del Olmo todos ellos tienen gran parte o incluso la mayoría de su obra en esta técnica cada uno de ellos con estilos propios y técnicas diferenciadas que en algunas ocasiones fueron inventadas por ellos mismos.
- Estimar que dentro de la escultura moderna podemos suponer que por fechas de realización Henry Moore fue el primero en utilizar esta técnica en el año 1926.
- Existen dos concentraciones de escultura monumental en este material la primera se realizó en 1968 en México la denominada *Ruta de la Amistad* realizada en conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968 en México. La segunda el *Spomenik* en la ex Yugoslavia monumentos escultóricos conmemorativos erigidos por mandato del dirigente Tito por las víctimas de la Segunda Guerra Mundial.
- La utilización de Carl Nesjar del grabado en Hormigón y su colaboración con Picasso gracias a esa simbiosis hoy tenemos escultura monumental de ambos.

- La absorción de las nuevas técnicas aplicadas según iban apareciendo en este material para la realización de esculturas como, técnicas de gunitado o utilización de elastómeros, constatan que los escultores se adaptan a las nuevas tecnologías aplicándolas a sus piezas.
- Los escultores no solo han elegido este material para realizar piezas meramente estéticas, también lo ha aplicado con ciertas funcionalidades paralelas en sus aspectos lúdicos, en parques infantiles, temáticos, rocódromos o fuentes, como ejemplo las esculturas realizadas por Piere Székely, generando piezas más participativas y populares por su capacidad constructiva y resistente.

Conclusiones del capítulo V

- Antes de realizar una escultura debemos de analizar que posibles riesgos que puede sufrir la pieza para poder prevenir las patologías futuras.
- La continua aparición de aditivos y cementos especiales hacen que podamos realizar un hormigón a la carta para evitar lesiones de la pieza a futuro.
- Es muy conveniente dejarse asesorar por los técnicos de las casas comerciales de aditivos y cementos especiales para escoger cuál de los mismos debemos utilizar, de qué manera y en que proporciones.
- Un conocimiento mínimo del material hace que la escultura sea bien realizada y duradera evitando males mayores en un futuro.
- La técnica actual nos ofrece una gran cantidad de ensayos que nos permiten saber el estado de las piezas para poder tomar decisiones con respecto a la patología detectada y solucionar correctamente el mismo.
- Dada al gran uso del material en la construcción y sus patologías pertinentes existen gran cantidad de productos para la restauración y rehabilitación de las piezas dañadas y nos podemos servir de ellas para la recuperación de nuestras piezas dañadas en este material.

Capítulo VIII

Bibliografía

Cap VIII. Bibliografía

VII-1 Bibliografía

ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*. Nuoro: Ilisso.

ANTUÑA, Joaquín. (2009). *Léxico de la construcción*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la construcción y el Cemento. Ministerio de Fomento.

ARNALDO, Javier, (1999). *Ángel Ferrant*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.

ARQUÍMEDES. (2005). Eutocio. *Tratados I. Comentarios*. Madrid: Editorial Gredos.

ARRANZ, Santiago. (2004). *Santiago Arranz*. La línea de la Historia. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

AZCOAGA, Enrique. (1977). *Alberto*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General del Patrimonio Artístico y Cultural.

BACHER, Max. (1967). *Construcciones en Hormigón visto*. Barcelona: GG.

BARRIOS Corpa, Roberto. (2002). *Compactación del hormigón. Reglas para el vibrado del hormigón*. Madrid: INTEMAC.

BARRY, Midgley. (1993). *Guía completa de escultura, modelado y cerámica, técnicas y materiales*. Madrid: Hermann Blume ediciones.

BRESON, Michael (2002) *Sol Lewitt concrete block structures*. Milán: Susanna Singer.

BONILLA, María Isabel. (1993). *Escultura, hechos*. La Laguna: María Isabel Sánchez Bonilla.

CALAVERA, J, (2013) *Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas*. Madrid: Ediciones INTEMAC.

CANO, J. Ángel Duarte, (2008). *Más allá del Equipo 57*. Madrid: Indugráfic Artes Gráficas.

CÁNOVAS, MF. (1981) *Las resinas epoxi en la construcción*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

CHÁVARRI Porpeta, Raúl. (1975), *Mito y realidad de la Escuela de Vallecas*. Madrid: Ibérico Europea de Ediciones.

CARDELLS. (1990). *Cardells; Dibujos, Uralitas, Riñas*. Valencia: IVAM.

CHILLIDA, Susana. (2003). *Elogio del Horizonte. Conversaciones con Eduardo Chillida*. Barcelona: Ediciones Destino SA .

CORRADO, Malte. (1980). *Las Técnicas Artísticas*, Madrid: Blume.

CYRILLET, Simonne. (2009), *Hormigón, historia de un material*. San Sebastián: Nerea .

DELIBES L, Adolfo. (1993). *Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón*. Madrid: Intemac.

FERNÁNDEZ C, Manuel, (2006) *Hormigón*. Madrid: CICCIP, 7ª edición.

FERNÁNDEZ Cánovas M. (1994), *Patología y terapéutica del Hormigón armado*. Madrid: Colegio oficial de ingenieros de Caminos Canales y puertos. 3ª Edición

FISCHER, Joachim. (2009). *Hormigón*. Reino Unido: H.F. Ullmann.

GARCIA-BADELL, José Javier(2003), *Vademecum de estructuras: Guía para el calculista de estructuras: Hormigón armado, Madera, Metálica*. Madrid: Bellisco.

GRINÁN, José. (1966). *Encofrados*. Barcelona: Ceac.

HUICI, Fernando.(1990). *Elogio del horizonte una obra de Eduardo Chillida*. Oviedo: Progreso editorial.

JIMÉNEZ, Montoya. (2000). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 14ª edición tomada de la EHE basada en el código modelo y en el eurocódigo.

JÜRGEN Mattheiss. (1980). *Hormigón armado, hormigón armado aligerado, hormigón pretensado*. Barcelona: Ed. Reverté S.A.

JONHSON, SM. (1973). *Deterioro conservación y reparación de estructuras*. Madrid: Blume

JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1

JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 2

JUNOD-SUGNEX, Danielle. (2010), *Maurice Ruche*, Ginebra: Ed Chaman

KEMPENAEERS, Jan. (2010). *Spomenik the end of the History*, Roma: Roma Publications.

LADE-WINKLER, (1960). *Yesería y estuco* Barcelona: ed Gustavo Gili

L HERMITE, Robret. (1971). *A pie de obra*. Madrid: Tecnos S.A.

LEER, Herbert.(1949). *Henry Moore Sculpture and drawings*. Londres: Percy Lund, Humphries, &Co .

LUZ, David. (1942). *La práctica del Hormigón*. Barcelona: Labor.

LLORENTE, Ángel (1999). *Ángel Ferrant*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.

MARTÍNEZ Gorriarán, Carlos (2011). *Jorge Oteiza, Hacedor de vacíos*. Madrid: Marcial Pons.

MATEOS, Ángel. (1994). *Ángel Mateos 1958 1988*, Salamanca: R&R Creativos.S.L,

MILLS, John W. (1968). *Sculpture in Concrete*. New York: Frederick A. Praeger.

- MOORE, Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A.
- MUÑO A. Pilar, (2006). *Oteiza, la vida como experimento*. Irún: Alberdania.
- ORTEGA, María Teresa.(1994). *Ángel Mateos, serie escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid.
- ORY, Carlos Edmundo. (2007). *Los nuevos Prehistóricos*, Madrid: Clan Editorial. Colección Nuevos Artistas.
- PAYÁ Peinado, Miguel. (1966)*Prefabricados de hormigón*. Barcelona: Ceac.
- PECK, Martin. (2006)*Hormigón, diseño, construcción, ejemplos*, Badalona: Ed GG Detail Praxis
- PERLES, Pedro. (2003) *Hormigón Armado*. Buenos Aires: Nobuko
- PÉREZ, José Manuel. (1992).*Color y textura en el Hormigón estructural*. Madrid: INTEMAC D.L.
- PICOUARD, M. J. (1966).*Encofrados: Cálculo y aplicaciones en edificación y obras civiles*. Barcelona: Ceac.
- RAVINDRA K, Dhir and DYER, Thomas (1996) *Concrete in the service of t Makind*, Great Britain: ed E and FN SPON READ, Herbert. (1998).*La Escultura moderna*. Barcelona: Destino.
- RUIZ TRILLEROS, Mónica. (2011). *La escultura construida de José Luis Sánchez*, Madrid: UCM. Madrid.
- SALAGER J.L. (2007). *Granulometría teórica*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes. Cuaderno FIRP S554-A.
- SÁNCHEZ, José Luis. (2005).*José Luis Sánchez*. Toledo: Comunidad Autónoma de Cartilla La Mancha.
- SÁNCHEZ José Luis.(2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM
- SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.
- SAURAS, Javier. (2003), *La escultura y el oficio de escultor*. Barcelona: Ediciones del Serba.
- SOMAVILLA, Juan. (2005)*Encofrados*. Barcelona: Ceac técnico.
- VAQUERO, Joaquín.(1996)*Vaquero Turcios*. Oviedo: ed. Camco. Centro de Arte Moderno de la Ciudad de Oviedo.
- VVAA. (1993). *El Equipo 57*. Madrid: Museo Nacional Centro Reina Sofía.
- VVAA. (1973), *Protección química de la construcción*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

VVAA.(2001). *Estudio sobre la variación del color y la durabilidad en hormigones vistos con adición de pigmentos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental*, Madrid: INTEMAC. cuaderno nº 43 del tercer trimestre del 2001.

VVAA, (2003).*Color y textura en pavimentos y paramentos de hormigón*. Madrid: Instituto Español del cemento y sus Aplicaciones (IECA)

VVAA. (2002). *Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas*, Madrid: Intemac.

WAITE, Glaire.(2006)*Técnicas escultóricas. Guía para artistas principiantes y avanzados*. Barcelona: Evergreen.

WILLIAMS J, Alena, (2011), *Nancy Holt, Sigthlines*. California: Ed University of California.

WUSSING, Hans (1998), *Lecciones de historia de las matemáticas*, España: Siglo XXI de España Editores.

VII-2 Catálogos

ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100.

BADOS, Ángel, (2010).*Oteiza Laboratorio experimental*. Navarra: Fundación Museo JorjeOteiza.

CALVO, Mara, (1996). *Vaquero Turcios*. Oviedo: Fundación Municipal de Cultura del Ayuntamiento de Oviedo, Ayuntamiento de Oviedo.

JUNOD-SUGNEX, Danielle. (2010).*Maurice Ruche*. Ginebra: Chaman.

SAURAS, Javier. (2003). *Javier Sauras, Alchimia Materiae Sculpturae*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

SEMPERE, Eusebio. (2003).*Sempere, Eusebio Sempere 1926-1985*. Madrid: Ministerio de Asuntos exteriores.

VAQUERO, Joaquín.(1996).*Vaquero Turcios, Frente al Arquetipo*. Burgos: Junta de Castilla y León.

VVAA, (1966).*Contemporary American Sculpture. Selection I*.EEUU: Whitney Museum of American Art.

VII-3 Revistas publicaciones

VVAA,(1995). “Hormigón I”, *Tectónica*. Madrid: ATC ediciones nº 3.

VVAA,(1996). “Hormigón II”, *Tectónica*. Madrid: ATC ediciones, nº 5.

VVAA,(2007). “Hormigón III”, *Tectónica*. Madrid: ATC ediciones, nº 25.

VII-4 Páginas web de escultores e información de los mismos.

Adan, Georges

CHAMPENTIER Michelle. (1960) *ADAM, Georges*. [en línea] París: Galería Michelle Champertier, [Fecha de consulta 18/03/2014]. < <http://www.mchampetier.com/Henri-Georges-Adam-2076-en.html> >

VVAA, (2012) *l'oeil d'Adam*. [en línea] París: Acasculpture. , [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://acasculpture.blogspot.com.es/2012/05/oeil-dadam.html>>

Assler.Federico.

ASSLER, Federico,(2002). *Entrevistas, Federico Assler*. [en línea] Santiago de Chile: Portal de ARTE. [Fecha de consulta 18/03/2014]. <http://www.portaldearte.cl/entrevistas/ass_evol.htm >
ASSLER, Federico,(2011), *Video explicativo del autor Federico Assler y su obra*. [en línea] Chile: Federico Assler, [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://www.youtube.com/watch?v=v8K0zc4HVVc>>

Alba, Fernando

VVAA. (2011). *Fernando Alba*. [en línea] Oviedo: Fundación ABERTIS. [Fecha de consulta 18/03/2014]. <http://www.fundacioabertis.org/es/actividades/popup/pop_km207.htm>

Bayer, Herbert

BAYER, Herbert, (2011), *Herbert Bayer*. [en línea] .EEUU: Bayer. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.herbert-bayer.com/>>

Beljon, Joop

BELJON, Joop. (2014), *Joop Beljon*. [en línea] Holanda, Beijon. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.joopbeljon.nl/>>

Cannon, Robert

CARDENILLO (2013), *Robert Cannon*. [en línea] EEUU:Eco1start. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://eco1start.com>>

Castagna, Pino

VVAA(2013), *Pino Castagna*. [en línea]. Italia: BERENGO Studio. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <http://www.berengo.com/?visibile_cont=&id_pagina=84&id_pagina_2=96&id_pagina_3=123&Lang=_2&artists-Artists-Pino-Castagna.html> y CASTAGNA, Pino 2013, *Archivio. Pino Castagna*. Italia, 20/02/2013.>

Caviades. Rafael H.

CAVIADES, Rafael H, (2012), *Rafael H. Caviades*. [en línea] Madrid: Caviades. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://rafaelhdecaviedes.blogspot.com.es>>

Ceschia, Luniano

CESHIA, Luniano(2014). *Opere plein aire*. [en línea] Tarcento: Ceschia [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.lucianoceschia.it>>

Coppinger, Sioban

COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban Coppinger*. [en línea] UK:SiobanCoppinger [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

deCarriers , Jasom

DECARIES, Jason.(2012). *Cancún*. [en línea], México: deCarries. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.underwatersculpture.com/>>

Dubon, Jorge

DUBON, Jorge, (2012). *Esculturas*. [en línea]. México: Jorge Dubon. [Fecha de consulta 01/04/2012]. <<http://www.jorgedubon.org/>>

Dzmonja, Dusan

DZMONJA, Dusan ,(2012). *Dusan Dzmonja*. [en línea] Zagreb:Dusan Dzmonja [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.dusan-dzamonja.com/the_sculptor/dus_mon_kozara.htm>

Fekete, Gabriella

FEKETE, Gabriel. (2010). *Sculpture landscape Fekete.G.*. [en línea] París:Fekete. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.gabriella-fekete.de/en/sculpturelandscape.html>>

Ferrant, Angel

VVAA, (2002). *Fondo Ángel Ferrant*. [en línea] Valladolid: Museo Patio Herreriano. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <http://www.museoph.org/AngelFerrant/obras_del_museo/esculturas>

García Donaire, Joaquín

GARCIA Donaire, Joaquín, (2004). *Joaquín García Donaire*. [en línea] Madrid: TALLER PRADO, [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.garciadonaire.com/>>

Goeritz, Mathias

MCJV: Museo Claudio Jimenez Vizcarra. (2004), *Mathias Goeritz*, .[en línea] Jalisco:MCJV. [Fecha de consulta 17/05/2014].<<http://www.museocjv.com/mathiasgoeritz.htm>>

CHÁVEZ CERVANTES, Armando, (2010), *La casa de la Mirada*. [en línea] México: Mexicanismo. [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.mexicanisimo.com.mx/antiores/no3/casa.html>>

González Gortazar, Fernando

VVAA, (2010), *Latin American Art*, *González Gortazar Fernando*..[en línea] Dallas: Latín American Art [Fecha de consulta 20/05/2014].< <http://www.latinamericanart.com/>>

VVAA, (2008), *La gran Puerta de nuevo está abierta*. [en línea] Guadalajara: El Informador. [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.informador.com.mx/entretenimiento/2008/39133/6/la-gran-puerta-de-nuevo-esta-abierta.htm>>

Gramazio y Kohler

VVAA(2006). *Gramazio y Kohler*, .[en línea] Zúrich: DFAB [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Gutmann, Willi

GUTMANN, Willi, (2013), *Biographic*. [en línea] Suiza: WilliGutman. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.willigutmann.ch/>>

VVAA, (2011), *Reubicación de El Ancla de WilliGutmann de la Ruta de la Amistad*. [en línea]. México: Paisaje social. [Fecha de consulta 17/05/2014].<<http://www.youtube.com/watch?v=pMoz80iS6Ho>>
><http://www.youtube.com/watch?v=DSr7BG_3ab0&feature=relmfu>

Hadany, Israel

HADANY, Israel (2011). *website*. [en línea] , Israel: Hadany. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.israelhadany.com/>>

Hajek Herbert, Otto

HAJEK H, Otto. (2013), *Hajek Museum*. [en línea]. Stuttgart: Hajek [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.hajekmuseum.de>>

Halchler, Peter

VVAA, (2013), *Kunstbreite, Peter Haechler*. [en línea]. Suiza:kunstbreite[Fecha de consulta 20/05/2014].<http://www.kunstbreite.ch/Kuenstlerwerdegaenge_aargau_haechler_peter.htm>

HuguesMaurin

HUGUES,Maurin.(2010) .*Hugues Maurin*. [en línea] Paris: Hugues Maurin [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.hugues-maurin.com/>>

Jack Walter

JACK Walter (2012), *Crusehedwal*. [en línea] UK: Jack Walter [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.walterjack.co.uk>

Karavan, Danny

KARAVAN, Danny,(2013), *Danny Karavan*. [en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014].<http://www.danikaravan.com/main_new.htm>

Kowalski, Grzegorz

KOWALSKI, (2013), *Kowalski Art*. [en línea] Polonia: Kowalski. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.kowalski.art.pl/>>

Lara, Raquel

VVAA(2010).*Arte actual Extremadura. Raquel Lara*. [en línea],Mérida: AEX . [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://arteactualextremadura.blogspot.com.es/2010/12/raquel-lara-no-me-parece-que-el-arte.html>>

Manrique Cesar

VVAA.(2007), *Cesar Manrique*. [en línea].Lanzarote: fcmanrique [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://www.fcmanrique.org/>>

Marti.Dani

MARTI, Dani.(2012),*Dani Marti*. [en línea] Australia:Dani Marti. [Fecha de consulta 23/07/2014]. <<http://danimarti.com/>>

Meadmore, Clement

MEADMORE, Clemen, (2005), *Biography*. [en línea] EEUU: Clemen Meadmore. [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://www.meadmore.com/>>

Meise, Daniel

MEISE, Daniel. (2013).*Daniel Meise* [en línea] Vienna: Daniel Meise. [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://www.dmeise.com/>>

Miodrag, Zivkovic

ZIVKOVIC, Miodrag, (2010).*Skulptura*. [en línea].Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Morita

MORITA. (2013). *Morita*. [en línea]. Kyoto: Morita. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://morita-arch.com/>>

Nivola, Costantino

NIVOLA Costantino. (2010) *Museo Nivola* .[en línea].Italia: Museo Nivola. [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://www.museonivola.it/>>

Ofir, Zucker

ZUCKER, Ofir .(2011). *Fossils*. [en línea]. Israel: Ofir Zucker. [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://www.ofirz.com/>>

Oteiza, Jorge

VVAA. (2008). *Oteiza*. [en línea]. Navarra: Fundación Jorge Oteiza. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <www.museoteiza.org/>

RINCON –C. (2010). *Oteiza*. [en línea].Álava: Instituto Educación Secundaria, Victoria Kent. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Arte/oteiza/oetiza.htm>>

Patkai, Ervin

PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014].<<http://www.patkaiervin.com/>>

Penalba, Alicia

PENALVA Alicia. (2010). *Cronología*. [en línea] México: Penalba. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.penalba.com >

VVAA.(2008), *Alicia Penalva* [en línea]. París: CHAMPETIER Michelle galería. [Fecha de consulta 22/07/2014]<www.mchampetier.com>

Pondruel, Denis

PONDRUEL, Denis (2007), *Travaux Récents*. [en línea].Francia: Pondruel. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.denispondruel.org/fr/>>

Rouy, Marie Françoise

ROUY, Marie-Françoise, (2006). *Impresión en argenta*. [en línea] Francia: Rouy. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.mf-rouy.com/gb.html#GallerieGal-In>>

Sauermann, Annette

SAUREMANN, Annette. (2010) *Obra*. [en línea].Alemania: Sauermann. [Fecha de consulta 16/09/2014].<<http://www.annette-sauermann.de/>>

Sebastian

SEBASTIAN, (2011). *Sebastian*. [en línea].México: Sebastián. [Fecha de consulta 16/09/2014].<http://www.sebastianmexico.com/_obra/escultura/escultura.html>

Seguin, Olivier

SEGUIN, Olivier.(2008). *Biografía*. [en línea] Francia: Seguin. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.olivier-seguin.fr/>>

Somaini, Francesco

SOMAINI, Francesco.(2010), *Biografía*. [en línea]. Italia: Somaini. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://francescosomaini.org/it/>>

Subirachs y Sitjar, José María

SUBIRACHS, (2009). *Escultura*. [en línea]. Barcelona: Espacio Subirachs. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.esp.subirachs.cat/>>

Strebelle, Vicente

STREBELLE, Vicente. (2001). *Vincent Strebelle*. [en línea]. París: Strebelle. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://vincentstrebelle.be/biography.php>>

Székely, Pierre

KARINTY, Pierre.(2008), *CATALOGUE RAISONNÉ DES ŒUVRES DU SCULPTEUR PIERRE SZÉKELY (1923-20019)*. [en línea]. Francia: Karinty. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://j.p.karinthi.free.fr/catalo.htm>>

VVAA.(2010), *Szkely, Pierre BIO*. [en línea]. Francia: MAGEN XX centuryDesing. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.magenxxcentury.com/designers/pierre-szkely/bio/>>

Takahashi, Kiyoshi

VVAA.(2012). *Ruta de la Amistad*. [en línea]. México: SIC. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.sic.gob.mx/>>

Terwindt, Eugéne.

TERWINDT, Eugéne.(2010). *CV*. [en línea]. Holanda: Terwindt. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.eugeneterwindt.nl/>>

Uribe Duque, Alberto

AGUDELO, Juan Esteban.(2011). *Arte en espacio público SOS*. [en línea]. Colombia: El Mundo. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <http://www.elmundo.com/portal/cultura/cultural/arte_en_espacio_publico_sos.php>

Vasarely, Victor

VASARELY, Victor, (2011), *Victor Vasarely*. [en línea] París: F Vasarely. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.vasarely.com/site/site.htm>>

Zumthor, Peter

VVAA. (2006). *Obra de Peter Zumthor*. [en línea]. México: PLATAFORMA DE ARQUITECTURA [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/13/obra-de-peter-zumthor/>>

Zucker, Ofir

ZUCKER, Ofir, (2011). *Fossils*. [en línea] Israel: OfirZucker [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.ofirz.com/>>

VII-5 Páginas culturales, Arte y Escultura

CRAZEEKID, Tony (2011). *astudejaoublie*, [en línea]. París: Tony Crazeekid. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <http://astudejaoublie.blogspot.com.es/search/label/*Mortier%20%28Michel%29>

COMAS, Santiago. (2008). *Arte Mercosur Arte Uruguayo* [en línea]. Uruguay: Santiago Comas. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.artemercosur.org.uy/>>

CHÁVEZ, Armando. (2010). *La casa de la Mirada*. [en línea]. México: Mexicanismo. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.mexicanisimo.com.mx/anteriores/no3/casa.html>>

GÓMEZ, Pablo. (2007). *Escultura Urbana* [en línea]. Asturias: Escultura Urbana. [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.esculturaurbana.com/>>

GONZALEZ Gómez, Eugenia, (2010). *Podio mx*. [en línea]. México: Circulo Cuadrado, [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://www.podiomx.com/>>

GUEVARA Mexa, Carlos, (2011). *Discurso visual*. [en línea]. México: Centro Nacional de Investigación, Documentos e Información de Artes Plásticas. [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://discursovisual.cenart.gob.mx/dvweb17/agora/agofavela.htm>>

HENRAUX (2011). *Fundación Italiana para la Escultura en piedra* [en línea]. Italia: Henraux [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.fondazionehenraux.it/uk/museum/the-protagonists.asp>>

JOHNSON. Paige. (2012). *PlayScapes* [en línea]. UK : Paige Jhonson. [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.play-scapes.com/play-history/mid-century-modern/pierre-szekelys-midcentury-modern-playgrounds/>, >

STEPHAN, Juliene. (2010). *PhotoMemory*. [en línea]. París: Juliene Stephan [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.photo-memory.eu/photo-vintage/art>>

VAN DER KROGT , Rene en Peter. (2008). *Mens&Dier in Steen &Brons* . [en línea]. Países Bajos: Vanderkrogt. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://standbeelden.vanderkrogt.net/>>

VVAA.(2012) . *Architecture & urban Planning*. [en línea]. San Sebastián: Vaumm, [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://vaumm.blogspot.com.es/search/label/obra>>

VVAA. (2011) .*Art findartinfo*, [en línea]. ART.FINDARTINFO. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://art.findartinfo.com/art.asp?p=372&s=7&i=9>>

VVAA, (2008) *Arte Actual Extremadura*. [en línea]. Mérida: Arte Actual Extremadura. [Fecha de consulta 16/09/2014].<<http://arteactualextremadura.blogspot.com.es> >

VVAA. (2009) *Arte público en Philadelphia*. [en línea]. Philadelphia : PHILART. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.philart.net/artist.php?id=173>>

VVAA. (2001). *Artribune revista de arte italiana. El Cemento en estado de sitio*. [en línea]. *Galeria Niccoli*. Milan : ARTRIBUNE[Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.artribune.com/2012/03/nel-cemento-in-stato-dassedio/galleria-niccoli-allestimento-courtesy-galleria-darte-niccoli-parma/>>

VVAA. (2008), *Artists*, [en línea]. París: Arnet WW corporation [Fecha de consulta 16/09/2014].<<http://www.artnet.com/artists/>>

VVAA, (2010), *BBK Bezirksverband Düsseldorf e.V.* [en línea]. Düsseldorf: BBK [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.bbk-kunstforum.de/index.php/index.html>>

VVAA. (2010). *Centro de Creación Contemporánea Matadero de Madrid*. [en línea]. Madrid: Ayuntamiento de Madrid [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.mataderomadrid.org/>>

VVAA. (2010). *Centro Internacional de escultura de Hamilton*. [en línea]. Hamilton: SCULPTURE, org. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.sculpture.org/>>

VVAA, (2014). *Collection*. [en línea]. Amsterdam: RIJKS MUSEUM [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<https://www.rijksmuseum.nl/en/explore-the-collection/timeline-dutch-history/emancipation---youth-culture>>

VVAA. (2005). *Consejo Nacional para Cultura y Artes*. [en línea]. México: CONACULTA Gob México. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.conaculta.gob.mx/academiadeartes/miem2.html>>

VVAA. (1997). *Cultura Polonia*. Polonia: CULTURE. PL [Fecha de consulta 16/09/2014]. <http://www.culture.pl/baza-sztuki-pelna-tresc/-/eo_event_asset_publisher/eAN5/content/pawel-althamer>

VVAA.(2008).*El medio de información para el Arte y la Cultura*. Grünwald: Ar directory. . [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.art-directory.info/fine-art/fine-art.shtml>>

VVAA, (2005), *E-flux, Revista para profesionales del Arte*. [en línea]. New York: e-flux. [Fecha de consulta 18/03/2014].<<http://www.e-flux.com/about/>>

VVAA. (2002). *Fondo Ángel Ferrant* [en línea]. Valladolid: Museo Patio Herreriano. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <http://www.museoph.org/AngelFerrant/obras_del_museo/esculturas>

VVAA.(2008). *Fundació Joan Miró*. [en línea]. Barcelona: Fundació Joan Miró [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://www.fundaciomiro-bcn.org/>>

VVAA. (2006) *Fonds d'art Contemporain de la Ville de Geneve*. [en línea]. Geneve: Vile de Geneve[Fecha de consulta 12/04/2014]. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/fmac/?collections&page=resultats_index&lettre=D&table=auteur&critere=Descombes+Georges>

VVAA. (1996). *Grupo Español de Conservación*. [en línea]. Madrid: Grupo Español de Conservación [Fecha de consulta 11/04/2014]. <http://ge-iic.com/index.php?option=com_fichast&Itemid=83&task=viewlso&task=view&id=3>

VVAA. (2013). *Espacio de canteros libres de Chimalhuacan*, [en línea]. México: TEPETECH [Fecha de consulta 12/04/2014]. <http://chimalhuacansculptures.blogspot.com.es/2012_08_01_archive.html>

VVAA.(2008) *Instituto Cultural de Providencia*. [en línea]. Chile: Proviarte[Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.proviarte.cl/?id=12&xid=55&seccion=parque>>

VVAA. (2006). *L'Archivistorico, La memoria in rete*. [en línea]. Roma: L'Unità, [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://archiviofoto.unita.it/index.php?f2=recordid&cod=146&codset=CUL&pagina=0>>

VVAA, (2011). *La Dilettantelle*. [en línea]. París: La Dilettantelle, [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://www.ladilettantelle.com/>>

VVAA(2005), *Le Monde*. [en línea]. Paris: Le Monde. [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://imago.blog.lemonde.fr/2011/12/04/ervin-patkai/>>

VVAA, (2006). *Latin Art Museum*. [en línea]. Uruguay,: Fundación Fernando Ureña Rib LATIN ART MUSEUM. [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.latinartmuseum.com/>>

VVAA. (2008). *Ministerio de Cultura de la República Checa*. [en línea]. Rep Checa:MISTNI KULTURA, GobRep Chequia. [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.mistnikultura.cz/19-letni-keramicka-plastika>>

VVAA. (2005). *Museo Picasso de Barcelona*. [en línea]. Barcelona: Museo Picasso de Barcelona. [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.blogmuseupicassobcn.org/tag/carlnesjar/?lang=es>>

VVAA.(2010). *Raquel Lara*. [en línea]. Mérida: ARTE ACTUAL ESTREMADURA [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://arteactualextremadura.blogspot.com.es/2010/12/raquel-lara-no-me-parece-que-el-arte.html>>

VVAA. (2011). *Rodando x La Amistad 31 de mayo*. [en línea]. Ciudad de México: Paisaje Social.[Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://paisajesocial.org/2011/05/30/amistad-3/>>

VVAA. (2014). *Revista especializada en arte y arquitectura*. [en línea]. Suiza: PERISTILE [Fecha de consulta 11/04/2014]. <<http://www.peristyle.ch/s/>>

VVAA. (2001). *Ruta de la amistad*. [en línea]. México: PIRAMIDE BEACH [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/>>

VVAA. (2006). *Obra de Peter Zumthor*. [en línea]. Chile: Plataforma Arquitectura. <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/13/obra-de-peter-zumthor/PROVIARTE>, >

- VVAA. (2008). *SKB galerie*, Holand: SKB. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.sbkgalerie.nl/expo.html?id=3234&xp=165#>>
- VVAA. (2010) *Web de fotografías antiguas de Arte y artistas*. [en línea]. París: Photomemory. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.photo-memory.eu/photo-vintage/art/>>
- VVAA,(2010). *Sculture Space* [en línea]. New York: Fondation Sculture Space [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.sculpturespace.org>>
- VVAA.(2014). *Sculpture Network*, [en línea]. Landern: Sculpturenetwork [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.sculpture-network.org/de/home.html>>
- VVAA. (2009), *Valoración de arte*, [en línea]. Madrid Findart info, [Fecha de consulta 18/03/2014]. <<http://www.findartinfo.com/default.asp>>
- VVAA. (2002). *Portal de arquitectura y diseño mexicano*. [en línea]. México: Grupo Expansión [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.obrasweb.mx/>>
- VVAA.(2005). *Wellington Sculture Trust*[en línea]. Wellington:WELLINGTON SCULPTURE TRUST [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.sculpture.org.nz/engine/SID/10007/AID/1048.htm>>
- VVAA.(2008). *World Monumennts Fund* [en línea]. New York: World Monumennts Fund. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/american-express-awards-grant-funding-six-2012-watch-sites>>
- WASSMANN, Christoph. (2011). Página austriaca sobre Arquitectura y Arte. [en línea]. *AnArchitecture*. Viena:Wassmann . [Fecha de consulta 12/04/2014].

VII-8 Webs relacionadas con la técnica del hormigón

- ARAYA, Ronnie. (2013). *Ronnie Araya*. [en línea]. Valparaiso : Plataforma Arquitectura. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.plataformaarquitectura.cl>>
- CASTAÑO, Jesús Orlando, (2011). *Mineralogía del Cemento*. [en línea]. , Medellín: SCRIB [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://es.scribd.com/doc/58852948/EVOLUCION-MINERALOGICA-DEL-CEMENTO>>
- CASTELFRANCO, Emilia. (2012). *Catalogo tecnotest*. [en línea]. Madrid: TECNOTETS [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.tecnotest.it/f/sp/>>
- JURADO Hornero. Rafael. (2008). *Cementos especiales*. [en línea]. Italia. [FYM Fecha de consulta 17/05/2014]. PDF, página 5. <<http://www.fym.es/NR/rdonlyres/52D86060-8DDD-4E1F-A8E9-6864AD7EABDE/0/...>>
- MALLO, Diego, (2013). *Edificación construcción y estructuras*. [en línea]. Coruña: Mallo. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://diegomallof.blogspot.com.es/>>

MAMBERTI, Thierry (2014), *Purificador fotovoltaico* [en línea] Holcim: CIMBETON [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.monbeaubeton.com/matiere/autonettoyant-d%C3%A9polluant>>

VVAA. (2010). *Agrupación de fabricantes de cemento de España*. [en línea]. Madrid: OFICEMEN [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.oficemen.com/noticia.asp?id_rep=1225>

VVAA (2013). *Arkeia*. [en línea]. Francia: ARKHEIA. [Fecha de consulta 12/04/2014]. <<http://www.arkheia.fr/fr/vente-en-ligne/nos-produits-en-sac/beton-a-prise-rapide.html>>

VVAA. (2014). *Betonvorhang*. [en línea]. Viena :MEMUX. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.memux.com/?p=94> >

VVAA. (2011). *Coloración del hormigón imitación a piedra*. [en línea]. Madrid: COPSA. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.copsa.com/folletos/PavDec.pdf>>

VVAA. (2012). *Concreto con Bacterias*. [en línea]. Londres: BBC. [Fecha de consulta 13/04/2014]. <http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/10/121030_tecnologia_reparable_aa.shtml>

VVAA. (2013). *Betoshell*. [en línea]. Burbach: Hering. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.heringinternational.com/es/hormigon/betoshell-4407.htm>>

VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea]. Herne : RECKLI. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.reckli.net/>. <http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>

VVAA. (2010). *Cemento*. [en línea]. Madrid: TECNOLOGÍAS LIMPIAS. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.tecnologiaslimpias.org/>>

VVAA. (2013). *Concrete canvas*. [en línea]. Pontypridd: CONCRETE CANVAS ltd.[Fecha de consulta 17/05/2014]. <www.concretcanvas.co.uk>

VVAA. (2013). *Cono de Abrams* [en línea]. Madrid: Construmática [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Cono_de_Abrams.jpg>

VVAA, (2010). *Cono de Abrams*, [en línea]. Italia: wikipedia [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Cono_de_Abrams_01.jpg>

VVAA. (2011). *Construcción y tecnología en concreto (hormigón)* [en línea]. México:IMCYC [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.imcyc.com/revistacyt/>>

VVAA. (2013). *Detalles constructivos*. [en línea]. Madrid: DETALLES CONSTRUCTIVOS [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.detallesconstructivos.net/>>

VVAA. (2014). *DJ SvenVäth*. [en línea]. Berlín : VILLA ROCCA. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.betonmoebel-villarocca.de/>>

VVAA. (2010). *Escultura*, Pavimentos online, [en línea]. Valencia: Pavimentos online. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>

VVAA. (2011). *Esculturas*, Técnica de gunitado en escultura y tematizados 2. [en línea]. Valencia: Rocarte. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.rocarte.com/esculturas/>>

VVAA. (2013). *Fisuras en el Hormigón*, En VVAA., [en línea]. Madrid: Construmática [Fecha de consulta 17/05/2014]. <www.construmatica.com .>

- VVAA. (2013), *Gallery*, Servicios escultóricos especializados en fundición. [en línea]. Wisconsin: VANGUARD [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.vanguardsculptureservices.com/>>
- VVAA, (2013). *Hormigón polímero*. [en línea]. Bilbao: ULMA, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.ulmapolimero.com/>>
- VVAA.(2013). *Jan Cremer in 3D in Enschede*. [en línea]. Amsterdam:
- VASTGOEDWERELD. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.vastgoedwereld.nl/jan-cremer-in-3d-in-enschede>><<http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>
- VVAA. (2012) *Litracom*. [en línea]. Hungría:LITRACROM [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.litracon.hu/index.php>>
- VVAA. (2010). *Monolithic Dome Home*, Monolithic, EEUU: MONOLITHIC, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.monolithic.com/>>
- VVAA. (2013). *MUF*. [en línea]. Londres :MUF. [Fecha de consulta 17/05/2014].
<www.muf.co.uk>
- VVAA. (2013) *Página francesa de promoción del cemento*. [en línea]. París, MONBEAUBETON [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.monbeaubeton.com/matiere/autonettoyant-d%C3%A9polluant>>
- VVAA. (2010). *Pigmentos*. [en línea] Madrid: SIKA . [Fecha de consulta 06/06/2014].
<www.sika.es>
- VVAA. (2013). *Plataforma para la información Técnica de la Ingeniería Arquitectura y Construcción*[en línea] Madrid: AIC. [Fecha de consulta 13/04/2014].
<<http://www.aicnoticias.com/?p=6238>>
- VVAA. (2011). *Servicios de Asesoramiento técnico*. [en línea]. Madrid: SERVICIOS DE EDIFICACIÓN, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://servicios-edificacion.blogspot.com.es/2011/09/durante-el-fraguado-y-el-primer-periodo.html>>
- VVAA,(2012). *Técnica de gunitado en escultura y tematizados*. [en línea]. Valencia:PAVIMENTOS ONLINE . [Fecha de consulta 17/05/2014].
<http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>
- VVAA. (2012). *Tecnología reparable, hormigones autorreparables*. [en línea]. Londres: BBC. [Fecha de consulta 12/04/2014].
<http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/10/121030_tecnologia_reparable_aa.shtml>
- VVAA. (2010) *Tematizaciones*, Gunitados [en línea]. Valencia: Gunitados .net [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.gunitados.net/tematizaciones/>>
- VVAA.(2010)*Tirantes*[en línea]. Madrid: Construmat. [Fecha de consulta 17/05/2014].
<www.construmat.com>

VII-9 Universidades

GRAMAZIO. (2006). *Gramazio y Kohler* [en línea]. Zúrich: ETH. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

VVAA.(2008). *Universidad de Bochum* , [en línea]. Bochum:RUHR UniversitatBochum[Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.ruhr-uni-bochum.de/kuba/data/ueber_2.htm>

VVAA. (2008).*Universidad de Princeton* [en línea]. .EUU: U. PRICETON [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.princeton.edu/main/news/archive/S30/81/71I92/index.xml?section=featured>>

VVAA.(2008).*Universidad de Sant Gallen*, [en línea]. Francia:Universidad de Sant Gallen [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.startseite.sg/>>

VVAA. (2010). *Taller.here and here Universidad de Manitoba*. [en línea]. Valparaíso: E AD, PUCV [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.ead.pucv.cl/2010/taller-here-and-here-universidad-de-manitoba/>>

VII-10 Normativa

VVAA. (2008). *EHE*. [en línea]. Madrid: Ministerio de fomento. PDF [Fecha de consulta 17/05/2014]
<http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/instrucciones/EHE_es/>

VVAA. (1990) *Granulometría UNE-EN 933-1*.Madrid: Ministerio de Fomento. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://static.domestika.com/32521/files/20090728125945-une-en_933-1-metodo-tamizado.pdf>

VVAA.(1994). *Hormigón Gunitado*. [en línea]. Madrid: AENOR [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0007401&PDF>>

VVAA. (1990). *Informe sobre el estado del arte de los anclajes en hormigón informado por el comité ACI 355** [en línea]. Argentina: ACI. [Fecha de consulta 17/05/2014].
<http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_355-1R-91.pdf>

VVAA. (1991) .*norma número 355.R1/91 EEUU: ACI (American Concrete Institute)*

VVAA.(2011).*Pinturas para hormigón, Traducción autorizada de (Recommended Practice for the Application of Portland Cement Paint to Concrete Surfaces)*. [en línea]. Buenos Aires:ICPA. [Fecha de consulta 17/05/2014].
<http://www.icpa.org.ar/publico/files/pinturas_hormigon.pdf>

VII-11 Materiales

- VVAA, *Áridos*, 2014, [en línea]. Wikipedia. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_\(miner%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_(miner%C3%ADa))>
- VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].
<<http://www.reckli.net/>. <http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>
- VVAA.(2013). *Dragaser*, [en línea]. Las Palmas de Gran Canaria: GRUPO DRAGASER.
[Fecha de consulta 22/06/2014]. <<http://www.dagraser.com>>
- VVAA. (2012). *Desencofrante*. [en línea]. Madrid: APACHE. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<<http://www.satecma.es/pdf/1451.pdf>>
- VVAA.(2008). *Desencofrantes*. [en línea]. Madrid: ASFALTEC. [Fecha de consulta 22/06/2014]. <<http://www.asfaltex.com/UserFiles/1/File/fichasPDF/adiD.pdf>>
- VVAA.(2010). *Desencofrantes* [en línea]. Alemania :BASF. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<<http://www.ingenieria-arquitectura-basf-cc.es/>>
- VVAA. (2014). *Desencofrantes*. [en línea]. Buenos Aires: MAPEY [Fecha de consulta 22/06/2014]. <<http://www.mapei.com/AR-ES/products-line.asp?IDTipo=4520&IDLínea=3>>
- SERRA, 2014, *Desencofrantes*. [en línea]. Barcelona. 10/03/2014.
<http://www.serraciments.com/productos-de-acabado-para-el-hormigon/desencofrantes-del-hormigon_35.html>
- VVAA.(2011). *Desencofrantes*. [en línea]. Alemania: SIKA. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<http://esp.sika.com/es/solutions_products/02/02a001/02a001sa01/02a001sa01100/02a001sa01103.html> y
<http://esp.sika.com/es/solutions_products/02/02a001/02a001sa01/02a001sa01100/02a001sa01103.html>
- VVAA , (2013), *Galería de Productos, Siminetti* [en línea], UK: Siminetti [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://siminetti.com/>>
- VVAA. (2012). *Gunitados*. [en línea]. Valencia: Rocarte [Fecha de consulta 22/06/2014].
<<http://www.rocarte.com/esculturas/>>
- VVAA. (2013). *Hormigón*, [en línea]. Santiago de Chile: CELCON. [Fecha de consulta 22/06/2014]. <<http://www.celcon.cl/>>
- VVAA,(2005). *Hormigón Celular*. [en línea]. Roma: Italcementi group. [Fecha de consulta 22/06/2014]. <www.fym.es>
- VVAA. (2012). *Litracon*. [en línea]. Hungría: LITRACON [Fecha de consulta 10/03/2013].
<<http://www.litracon.hu/index.php>>
- VVAA, (2011). *Mezcladora*. [en línea]. Madrid: Ferrovicmar. [Fecha de consulta 22/06/2014]. <<http://www.ferrovicmar.com/taladro-bosch-mezcladoragrw11e.asp>>
- VVAA. (2012). *Pavimentos online. Gunitados y Pavimentos*. [en línea]. Valencia: PAVIMENTOS ONLINE. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>
- VVAA. 2014. *Siliconas*. [en línea]. Madrid: FEROCA. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<http://feroca.com/product.php?id_product=72>

VVAA.(2014). Siliconas. [en línea]. Barcelona: FORMX. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<<http://www.formx.es/products/silicone-polycondensatie/moldmax-stroke/index.php>>
<<http://www.formx.es/products/silicone-polycondensatie/moldmax-silicone/mold-max-20--->1kg.php>>
<<http://www.formx.es/products/silicone-polycondensatie/formsil-silicone/index.php>>

VVAA. (2011). *Vibradores*[en línea]. Zaragoza. [Fecha de consulta 22/06/2014].
<www.neumac.es>

VVAA, (2010) *Vibradores externos*, [en línea] Madrid: Directindustry [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.directindustry.es>>

VVAA.(2013). *YTONG*. [en línea]. Duisburg : XELLA INTERNACIONAL. [Fecha de consulta 22/06/2014]. <<http://www.ytong.es>>

Capítulo IX

Anexos

Anexo 1. Carta recibida de La Fundación Henry Moore

Dear Francisco,

Thank you for your enquiry concerning Henry Moore.

I'm pleased to hear that you are writing your thesis on techniques in concrete, which is certainly a fascinating topic.

The short answer to your questions is that Moore made no record of his working methods in this medium and, as most of the pieces in question are rather early, evidence of any kind will be scarce. His technique would probably have been quite ad hoc - to start with he was almost certainly only using concrete in the absence of suitable stone or wood for carving - with each piece involving a certain amount of experimentation. Without examining the pieces physically, it's not possible to gauge exactly how they were made, and even then this would be tenuous.

You clearly have a grasp of the scope of the works already: there are basically two groups, small pieces 1926-34 and a later group of larger reproduction casts, probably made in the 1960s.

For the main group colour was added to the cement, if at all. In most cases these are fairly muted hues, but Seated Figure 1929 (LH 65) is a strong pink. Half Figure 1929 (LH 67) is given in the catalogue as having two casts, and these are said to be quite different, with one a much deeper shade of pink than the other. The pigment in Composition 1933 (LH 133) seems to have been mixed incompletely, perhaps deliberately, giving a swirling, marbled effect, which may also be true of Reclining Figure 1932 (LH 122).

Most of the works are simple casts, all of which would have been surface worked for finishing. In some cases, e.g. Composition 1933 (LH 133), Mother and Child 1932 (LH 120), surface carving is more evident and might well have been done before complete setting of the material. There are three 'carved and reinforced' items: Reclining Figure 1932 (LH 122), Reclining Figure 1933 (LH 134) and Composition 1934 (LH 140), all of which are of sufficient complexity to warrant an armature, probably of mild steel rods. In these examples some modelling may have taken place, but they could also have been partially cast. Your assumption concerning the moulds is probably correct, but sadly there's no evidence.

The surface of the earlier examples is quite rough, indicating a coarse aggregate, and pocked with air bubbles suggestive of inexperience, although the form becomes increasingly elaborate. By 1932, with Mother and Child (LH 120), the surface is much smoother and more sophisticated, indicating an advance in technique and possibly the use of Ciment Fondue. John

Mills, whom Moore knew in later years, asserts that the latter was available from 1929 (John W. Mills, *Ciment Fondue*, London, Contractors Record Ltd, 1959, p.9).

So there seems to be three distinct phases of development, with the carved, reinforced and smooth surfaced pieces being the limit of Moore's explorations. Two unidentified works apparently combined stone and carved concrete and I need to look into these further.

The larger 1960s pieces - there were at least three - were duplicate casts of pre-existing works, made in aluminous concrete and surface coloured by applying bronze with Uni-bond adhesive as a vehicle (this is from John Mills, who also illustrated them in his later book *Sculpture in Concrete*, London, Maclaren and Sons Ltd., 1968).

We have photographs of some of the pieces, but mostly the ones that were used for the catalogue of *Complete Sculpture*; none of Moore working with concrete unfortunately.

I hope this helps - if anything needs further clarification, please don't hesitate to ask.

Kind regards,

Michael Phipps

Archivist

Anexo 2 Cuadros de los tipos de cementos composiciones y usos indicados, propuestos por la UNE-300

ANEXO 1

CUADRO 1: CLASES DE HORMIGÓN A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN: Versión 1

CLAVES DEL CUADRO					
HM	=	HORMIGÓN EN MASA	HCR	=	HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO
HA	=	HORMIGÓN ARMADO	HNP	=	HORMIGÓN PARA OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS NO PRETENSADOS
HP	=	HORMIGÓN PRETENSADO	HPN	=	HORMIGÓN PARA ELEMENTOS PREFABRICADOS NO ESTRUCTURALES
HPP	=	HORMIGÓN PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS	HPN	=	HORMIGÓN PROYECTADO
HAH	=	HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA	MU	=	MUY UTILIZABLE
HDR	=	HORMIGÓN PARA DESENCOFRADO, DESCIMBRADO Y DESENMOLDADO RÁPIDOS	U	=	UTILIZABLE
HRA	=	HORMIGÓN CON ÁRIDOS REACTIVOS	PU	=	POCO (O MENOS) UTILIZABLE
			NU	=	NO UTILIZABLE

NORMAS	CEMENTOS		MUY UTILIZABLES PARA	UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	NO UTILIZABLES PARA
	TIPOS	CATEGORÍAS	Cuando aparece la letra R o cualquier valor numérico de resistencia entre paréntesis significa que dicha condición o valor son los únicos a los que se refiere el respectivo grado de utilización			
UNE 80301:1996	CEM I	32,5 (R)	HA-HPN-HPR(R)	HM-HA-HPN(R)-HPN-HPR(R)	HP(R)-HPN(R)-HRA	HP(32,5)-HAR-HDR-HCR
		42,5 (R)	HA-HP-HPN-HAR(R)-HDR(R)	HA-HP-HPN-HAR(R)-HDR(R)	HM-HRA	HCR
		52,5 (R)	HA-HP-HPN-HAR-HDR-HNP-HPN-HPR	HA-HP-HPN-HAR-HDR-HNP-HPN-HPR		
	CEM II/A-S	32,5 (R)	HA	HM-HRA-HPN-HPR(R)	HCR-HNP	HP-HPN-HAR-HDR
		42,5 (R)	HA	HAR(R)-HAR(R)-HRA-HPN-HPN-HPR	HCR	HM-HP-HPN
	CEM II/B-S	32,5 (R)	HA	HAR-HDR-HRA-HPN-HPN-HPR	HCR	HM-HP-HPN
		32,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HPN-HPN-HPN-HPN-HPN-HPN	HP-HPN-HAR-HDR
		42,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HDR(R)-HPN-HPN-HPN-HPN	HP-HPN-HAR
		52,5 (R)	HRA	HA-HCR	HDR(R)-HPN-HPN-HPN	HP-HPN-HAR
	CEM II/A-D	32,5 (R)	HA-HP(R)-HPN(R)-HPN-HPN	HP(R)-HAR(R)-HRA	HM	HP(32,5)-HAR-HCR
		42,5 (R)	HA-HP(R)-HPN(R)-HAR(R)-HPN-HPN-HPR	HRA	HM	HAR-HCR
		52,5 (R)	HA-HP-HPN-HDR-HNP-HPN-HPR	HAR-HRA	HM	HCR
	CEM II/A-P	32,5 (R)	HA	HM-HRA-HPN-HPN-HPR(R)	HCR	HP-HPN-HAR-HDR
		42,5 (R)	HA	HDR(R)-HRA-HPN-HPN-HPR	HM-HCR	HP-HPN-HAR
	CEM II/B-P	32,5 (R)	HM-HRA	HDR-HRA-HPN-HPN-HPR	HM-HCR	HP-HPN-HAR
		42,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HDR(R)-HPN-HPN-HPN	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		52,5 (R)	HRA	HA-HCR	HDR-HNP-HPN-HPR	HP-HPN-HAR
	CEM II/A-V	32,5 (R)	HA	HM-HPN(R)-HRA-HPN-HPN-HPR	HCR	HP-HPN-HAR-HDR
		42,5 (R)	HA	HM-HPN-HRA-HDR(R)-HPN-HPN	HM-HCR	HP-HPN-HAR
		52,5 (R)	HA	HDR-HRA-HPN-HPN-HPR	HM-HCR	HP-HPN-HAR
	CEM II/B-V	32,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HPN-HPN	HP-HPN-HAR-HDR-HPN
		42,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HDR(R)-HPN-HPN-HPN	HP-HPN-HAR
		52,5 (R)	HRA	HA-HCR	HM-HDR-HPN-HPN-HPR	HP-HPN-HAR
	CEM II/A-L	32,5 (R)	HA	HM-HNP-HPN-HPR(R)	HRA-HCR	HP-HPN-HAR-HDR
		42,5 (R)	HA	HM(42,5)-HDR(R)-HPN-HPN-HPR	HRA-HCR	HP-HPN-HAR
		52,5 (R)	HA	HDR-HNP-HPN-HPR	HRA-HCR	HM-HP-HAR-HPN

CUADRO 1: CLASES DE HORMIGÓN A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN: Versión 1 (Fin)

NORMAS	CEMENTOS		MUY UTILIZABLES PARA	UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	NO UTILIZABLES PARA
	TIPOS	CATEGORÍAS				
UNE 80301:1996	CEM I/A-M	32,5 (R)	HA	HM-HRA-HPN-HPN-HPR(R)	HCR	HP-HPN-HAR-HDR
		42,5 (R)	HA	HM-HDR(R)-HRA-HPN-HPN-HPR	HCR	HP-HPN-HAR
		52,5 (R)	HA	HDR-HRA-HPN-HPN-HPR	HCR	HM-HP-HPN-HAR
	CEM II/B-M	32,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HPN-HPN(R)	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		42,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR	HDR(R)-HPN-HPN-HPR	HP-HPN-HAR
	CEM III/A	32,5 (R)	HRA	HA-HCR	HDR-HNP-HPN-HPR	HP-HPN-HAR
		32,5 (R)	HRA	HM-HA-HCR-HPN	HPN(R)	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		42,5 (R)	HRA	HM-HA-HCR-HPN	HPN-HPN	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		52,5 (R)	HRA	HA-HCR-HPN	HPN-HPN	HM-HP-HPN-HAR-HDR
	CEM III/B	32,5 (R)	HRA	HM-HCR	HA-HPN-HPN(R)	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		42,5 (R)	HRA	HM-HCR	HA-HPN-HPN	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		52,5 (R)	HRA	HM-HCR	HA-HPN-HPN	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
	CEM IV/A	32,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR-HPN-HPN(R)	HDR(R)	HP-HPN-HAR-HDR(32,5)-HNP
		42,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR-HPN-HPN-HPR	HDR	HP-HPN-HAR
		52,5 (R)	HM-HRA	HA-HCR-HPN-HPN-HPR	HDR	HP-HPN-HAR
	CEM IV/B	32,5 (R)	HM-HRA-HCR	HM-HRA-HCR	HA-HPN-HPN(R)	HP-HPN-HAR-HDR-HNP
		42,5 (R)	HM-HRA-HCR	HM-HRA-HCR	HA-HPN-HPN-HPR	HP-HPN-HAR-HDR
		52,5 (R)	HM-HRA-HCR	HM-HRA-HCR	HA-HPN-HPN-HPR	HP-HPN-HAR-HDR
	CEM VIA	32,5 (R)	HM-HRA-HCR	HM-HRA-HCR	HA-HPN(R)	HP-HPN-HAR-HDR-HNP-HPN
		42,5 (R)	HM-HRA-HCR	HM-HRA-HCR	HA-HPN-HPN-HPR	HP-HPN-HAR-HDR
		52,5 (R)	HRA-HCR	HA-HPN-HPN	HA-HPN-HPN-HPR	HM-HP-HPN-HAR-HDR
UNE 80303:1996	BL I	42,5	HA-HPN-HPN	HPN-HPN-HPN-HPN-HPN-HAR-HDR-HPR	HM	HRA-HCR
		42,5 (R)	HA-HP-HPN-HAR-HDR-HNP-HPN-HPR	HA-HP-HPN-HAR-HDR-HNP-HPN-HPR	HM	HRA-HCR
		52,5	HP-HPN-HAR-HDR-HPN-HPN-HPR	HA-HPN-HPN	HM	HRA-HCR
	BL II	42,5	HM	HA-HDR-HPN-HPN	HRA-HCR	HP-HPN-HAR
		42,5 (R)	HA-HDR-HPN-HPN-HPR	HM-HA-HDR-HPN-HPN-HPR	HRA-HCR	HP-HPN-HAR
	BL V	22,5	HA-HDR-HPN-HPN-HPR	HA-HDR-HPN-HPN-HPR	HRA-HCR	HM-HP-HPN-HAR
UNE 80306:1996	SR		CEMENTOS RESISTENTES A SULFATOS Y AL AGUA DE MAR: SR			
	MR		CEMENTOS RESISTENTES AL AGUA DE MAR SOLAMENTE: MR			
UNE 80310:1996	BC		CEMENTOS DE BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN BC (<272 kJ/kg-65 cal/g)			
			LO SON TODOS LOS CEMENTOS DE LAS RESTANTES NORMAS UNE 1996, CUYOS TIPOS Y CATEGORÍAS SEAN COMPATIBLES CON TAL LIMITACIÓN PARA EL CALOR DE HIDRATACIÓN A CINCO DÍAS, SEGÚN EL METODO ESTABLECIDO, Y LA CUMPLAN			
UNE 80310:1996	ESP VI-1	12,5	CEMENTOS ESPECIALES: SON SÓLO UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO, SEGÚN SU CATEGORÍA RESISTENTE Y EL TIPO DE OBRA O APLICACIÓN, PARA LOS FINES MUY ESPECÍFICOS, TALES COMO: GRANDES MACIZOS DE HORMIGÓN EN MASA			
		22,5				
UNE 80310:1996	ESP VI-2	12,5	CEMENTOS DE ALUMINATO DE CALCIO SON UTILIZABLES, EN UNO U OTRO GRADO, EN: - HORMIGONES Y MORTEROS REFRACTARIOS - HORMIGONES EN MASA Y MORTEROS EN: MEDIOS AGRESIVOS POR SULFATOS, AGUAS DE MAR Y DÉBILMENTE ÁCIDAS (VER ANEXO A (INFORMATIVO) DE UNE 80310:1996)			
		22,5				
UNE 80310:1996	CAC/R	20 A 6 h				
		40 A 24 h				

ANEXO 2

CUADRO 2: CLASES DE HORMIGÓN A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN: Versión 2

CLAVES DEL CUADRO

HM = HORMIGÓN EN MASA
 HA = HORMIGÓN ARMADO
 HP = HORMIGÓN PRETENSADO
 HPP = HORMIGÓN PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS
 HAR = HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA
 HDR = HORMIGÓN PARA DESENCOFRADO, DESCIMBRADO Y DESENMOLDADO RÁPIDOS
 HRA = HORMIGÓN CON ÁRIDOS REACTIVOS

HCR = HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO
 HNP = HORMIGÓN PARA OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS NO PRETENSADOS
 HPN = HORMIGÓN PARA ELEMENTOS PREFABRICADOS NO ESTRUCTURALES
 HPR = HORMIGÓN PROYECTADO
 MU = MUY UTILIZABLE
 U = UTILIZABLE
 PU = POCO (O MENOS) UTILIZABLE
 NU = NO UTILIZABLE

NORMAS	CEMENTOS		DIFERENTES CLASES DE HORMIGÓN											
	TIPOS	CATEGORÍAS	HM	HA	HP	HPP	HAR	HDR	HRA	HCR	HNP	HPN	HPR	
			Cuando aparece la letra R o cualquier valor numérico de resistencia entre paréntesis significa que dicha condición o valor son los únicos a los que se refiere el respectivo grado de utilización											
UNE 80301: 1996	CEM I	32,5 (R)	U	MU-U	PU(R) NU(32,5)	PU(R)	NU	NU	PU	NU	U(R)	MU-U	MU-U(R)	
		42,5 (R)	PU	MU	MU	MU	MU(R)	MU(R)	PU	NU	MU	MU	MU	
		52,5 (R)	PU	MU	MU	MU	MU	MU	PU	NU	MU	MU	MU	
	CEM II/A-S	32,5 (R)	U	MU	NU	NU	NU	NU	U	PU	U	U	U(R)	
		42,5 (R)	NU	MU	NU	NU	U(R)	U(R)	U	PU	U	U	U	
		52,5 (R)	NU	MU	NU	NU	U	U	U	PU	U	U	U	
	CEM II/B-S	32,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	MU	U	PU(R)	PU	PU	PU(R)	
		42,5 (R)	MU-U	U	NU	NU	NU	PU(R)	MU	U	PU	PU	PU	
		52,5 (R)	U	U	NU	NU	NU	PU	MU	U	PU	PU	PU	
	CEM II/A-D	32,5 (R)	PU	MU	MU-U(R) NU(32,5)	MU(R)	NU	U(R)	U	NU	MU	MU	MU	
		42,5 (R)	PU	MU	MU(R)	MU(R)	NU	MU(R)	U	NU	MU	MU	MU	
		52,5 (R)	PU	MU	MU	MU	U	MU	U	NU	MU	MU	MU	
	CEM II/A-P	32,5 (R)	U(32,5)	MU	NU	NU	NU	NU	U	PU	U	U	U(R)	
		42,5 (R)	PU	MU	NU	NU	NU	U(R)	U	PU	U	U	U	
		52,5 (R)	PU	MU	NU	NU	NU	U	U	PU	U	U	U	
	CEM II/B-P	32,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	PU	PU(R)	
		42,5 (R)	MU-U	U	NU	NU	NU	PU(R)	MU	U	PU	PU	PU	
		52,5 (R)	PU	U	NU	NU	NU	PU	MU	U	PU	PU	PU	
	CEM II/A-V	32,5 (R)	U(32,5)	MU	NU	NU	NU	NU	U	PU	U(R)	U	U(R)	
		42,5 (R)	U-PU	MU	NU	NU	NU	U(R)	U	PU	U	U	U	
		52,5 (R)	PU	MU	NU	NU	NU	U	U	PU	U	U	U	
	CEM II/B-V	32,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	PU	PU	
		42,5 (R)	MU-U	U	NU	NU	NU	PU(R)	MU	U	PU	PU	PU	
		52,5 (R)	PU	U	NU	NU	NU	PU	MU	U	PU	PU	PU	
	CEM II/A-L	32,5 (R)	U	MU	NU	NU	NU	NU	PU	PU	U	U	U(R)	
		42,5 (R)	U(42,5)	MU	NU	NU	NU	U(R)	PU	PU	U	U	U	
		52,5 (R)	NU	MU	NU	NU	NU	U	PU	PU	U	U	U	

CUADRO 2: CLASES DE HORMIGÓN A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN: Versión 2 (Fin)

NORMAS	CEMENTOS			DIFERENTES CLASES DE HORMIGÓN									
	TIPOS	CATEGORIAS	HM	HA	HP	HPP	HAR	HDR	HRA	HCR	HNP	HPN	HPR
UNE 80301:1996	CEM II/A-M	32,5 (R)	U	MU	NU	NU	NU	NU	U	PU	U	U	U(R)
		42,5 (R)	U	MU	NU	NU	NU	U(R)	U	PU	U	U	U
		52,5 (R)	NU	MU	NU	NU	NU	U	U	PU	U	U	U
	CEM II/B-M	32,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	PU	PU(R)
		42,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	PU(R)	MU	U	PU	PU	PU
		52,5 (R)	NU	U	NU	NU	NU	PU	MU	U	PU	PU	PU
	CEM III/A	32,5 (R)	U	U	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	U	PU(R)
		42,5 (R)	U	U	NU	NU	NU	NU	MU	U	PU	U	PU
		52,5 (R)	NU	U	NU	NU	NU	NU	MU	U	PU	U	PU
	CEM III/B	32,5 (R)	U	PU	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	PU	PU(R)
		42,5 (R)	U	PU	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	PU	PU
		52,5 (R)	U	PU	NU	NU	NU	NU	MU	U	NU	PU	PU
	CEM IV/A	32,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	PU(R)	MU	U	NU	U	U(R)
		42,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	PU	MU	U	U	U	U
		52,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	PU	MU	U	U	U	U
	CEM IV/B	32,5 (R)	MU-U	PU	NU	NU	NU	NU	MU-U	MU-U	NU	PU	PU(R)
		42,5 (R)	MU-U	PU	NU	NU	NU	NU	MU-U	MU-U	PU	PU	PU
		52,5 (R)	MU-U	PU	NU	NU	NU	NU	MU-U	MU-U	PU	PU	PU
	CEM V/A	32,5 (R)	MU-U	PU	NU	NU	NU	NU	MU-U	MU-U	NU	NU	PU(R)
		42,5 (R)	MU-U	PU	NU	NU	NU	NU	MU-U	MU-U	PU	PU	PU
		52,5 (R)	NU	PU	NU	NU	NU	NU	MU-U	MU-U	PU	PU	PU
UNE 80305:1996	BL I	32,5 (R)	PU	MU	U	U	U	U	NU	MU-U	MU-U	U	U
		42,5 (R)	PU	MU-U	MU-U	MU-U	MU-U	MU-U	NU	NU	MU-U	MU-U	MU-U
		52,5 (R)	PU	U	MU	MU	MU	MU	NU	NU	MU-U	MU-U	MU
	BL II	42,5 (R)	MU	U	NU	NU	NU	U	PU	PU	U	U	U
		52,5 (R)	U	MU-U	NU	NU	NU	MU-U	PU	PU	MU-U	MU-U	MU-U
UNE 80306:1996	BL V	42,5 (R)	NU	MU	NU	NU	NU	MU	PU	PU	MU	MU	MU
		52,5 (R)	NU	NU	NU	NU	NU	NU	MU	NU	NU	NU	NU
UNE 80307:1996	SR MR	UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO, SEGÚN TIPO Y CATEGORÍA, EN CUALESQUIERA HORMIGONES O ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE HAYAN DE RESISTIR ATAQUES DE SULFATOS											
		UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO, SEGÚN TIPO Y CATEGORÍA, EN CUALESQUIERA HORMIGONES O ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE HAYAN DE RESISTIR ATAQUES DE AGUA DE MAR											
UNE 80308:1996	BC	UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO, SEGÚN TIPO Y CATEGORÍA, EN HORMIGONES EN MASA O ARMADOS QUE REQUIERAN UN BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN											
		SÓLO UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO EN GRANDES MASAS DE HORMIGÓN											
UNE 80309:1996	ESP VI-1	SÓLO UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO EN GRANDES MASAS DE HORMIGÓN											
	ESP VI-2	NO UTILIZABLES EN NINGÚN TIPO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL O ELEMENTOS ESTRUCTURALES											
UNE 80310:1996	CAC/R	UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO EN:											
		- HORMIGONES Y MORTEROS REFRACTARIOS											
		- HORMIGONES EN MASA Y MORTEROS EN MEDIOS AGRESIVOS POR:											
		• SULFATOS											
		• AGUA DE MAR											
• AGUAS DÉBILMENTE ÁCIDAS													
NO UTILIZABLES EN HORMIGÓN PRETENSADO HP Y ELEMENTOS PRETENSADOS HPP													

ANEXO 3
CUADRO 3: CLASES DE OBRAS A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN

CHM = CIMENTACIONES DE HORMIGÓN EN MASA
HMV = OBRAS DE HORMIGÓN EN MASA DE GRANDES VOLUMENES
CHA = CIMENTACIONES DE HORMIGÓN ARMADO
BTC = BASES DE CARRETERAS TRATADAS CON CEMENTO
EST = ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
PHF = PAVIMENTOS DE HORMIGÓN PARA FIRMES DE CARRETERAS
RRU = REPARACIONES RÁPIDAS DE URGENCIA
SP = SOLADO DE PAVIMENTOS
OM = OBRAS MARÍTIMAS
OMA = OBRAS EN ATMÓSFERAS MARÍTIMAS
OMS = OBRAS EN INMERSIÓN TOTAL
OMM = OBRAS EN ZONA DE CARRERA DE MAREAS

CLAVES DEL CUADRO

OTS = OBRAS EN CONTACTO CON SUELOS Y AGUAS CON SULFATOS
OAA = OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS ÁCIDAS
OCA = OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS CARBÓNICAS AGRESIVAS
OAP = OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS PURAS DE GRAN PODER DISOLVENTE
ORA = OBRAS DE HORMIGÓN CON ÁRRIOS REACTIVOS
HM = HORMIGÓN EN MASA
HA = HORMIGÓN ARMADO
HP = HORMIGÓN PRETENSADO

NORMAS	TIPOS DE CEMENTO	MUY UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	NO UTILIZABLES PARA
UNE 80301:1996	CEM I	RRU-OMA ^a (HA)-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP) OMM ^a (HP)-OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP) OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP)-ORA ^a (HP) En casos SR ^a o MR ^a	ORA ^a (HA)	CHM-CHA ^a -BTC-EST-SP-SP(32.5) OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM)-OMS ^a (HA) OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM) OTS ^a (HA)-OAP ^a (HM)-ORA ^a (HM)	HMV (Salvo BC) SP (>32.5) OAA ^a (HM)-OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)
	CEM II/A-S	CHM-CHA-OMA ^a (HA)-OAA ^a (HA) OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	PHF-SP-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a -OCA ^a -OAP ^a ORA ^a (HM)	HMV-BTC-EST-RRU	OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/B-S	CHM-PHF-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)	HMV-CHA-BTC-EST-SP ^a OMA ^a (HA)-OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA) ORA ^a (HM)-ORA ^a (HA)	-	SP ^a -OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/A-D	OMA ^a (HA)-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP) OMM ^a (HP)-OTS ^a (HP)-OAA ^a (HA) OAA ^a (HP)-OCA ^a (HA)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HA) OAP ^a (HP)-ORA ^a (HM)-ORA ^a (HA) ORA ^a (HP)	PHF-RRU-OAA ^a (HM)	CHM-CHA ^a -EST-SP(32.5)-OMA ^a (HM) OMS ^a (HM)-OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM) OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)	HMV (salvo BC) BTC SP(>32.5)
	CEM II/A-P	CHA-OMA ^a (HA)-OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA) OAP ^a (HA)-ORA ^a (HM)-ORA ^a (HA)	CHM-PHF-SP-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)	HMV-BTC-EST-RRU	OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/B-P	PHF-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM)-OMS ^a (HA) OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM) OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM)-OCA ^a (HM) OAP ^a (HM)-ORA ^a (HM)	CHM-HMV-CHA-BTC-EST-SP-OMA ^a (HA) OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	-	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/A-V	CHA-OMA ^a (HA)-OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA) OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	CHM-PHF-SP-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)	HMV-BTC-EST-RRU	OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/B-V	PHF-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM)-OMS ^a (HA) OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM) OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM)-OCA ^a (HM) OAP ^a (HM)-ORA ^a (HM)	CHM-HMV-CHA-BTC-EST-SP-OMA ^a (HA) OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	-	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/A-L	-	CHM-PHF-SP-OMA ^a (HA)-OCA ^a (HM) ORA ^a (HM)	HMV-CHA-BTC-EST-RRU-OMA ^a (HA) OMS ^a (HM)-OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM) OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA) OAA ^a (HM)-OCA ^a (HA)-OAP ^a (HM)-OAP ^a (HA) ORA ^a (HA)	OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)

CUADRO 3: CLASES DE OBRAS A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN (Continuación)

NORMAS	TIPOS DE CEMENTO	MUY UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	NO UTILIZABLES PARA
UNE 80301:1996	CEM II/A-M	CHM-CHA-OMA ^a (HA)-OAA ^a (HA) OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	PHF-SP-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)	HMV-BTC-EST-RRU	OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM II/B-M	CHM-PHF-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)-ORA ^a (HM)	HMV-CHA-BTC-EST-SP-OMA ^a (HA) OAA ^a (HA)-OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	-	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM III/A	CHM-HMV-CHA-BTC-OMA ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OAA ^a (HA)-OCA ^a (HM)-OCA ^a (HA) OAP ^a (HM)-OAP ^a (HA)	EST-PHF-SP ^a -OMA ^a (HA)-OMS ^a (HM) ORA ^a (HM)	ORA ^a (HA)	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM III/B	CHM-HMV-BTC-EST-OMA ^a (HM) OMS ^a (HM)-OMM ^a (HM)-OTS ^a (HM) OAA ^a (HM)-OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)	CHA-PHF-OMS ^a (HA)-OCA ^a (HA) ORA ^a (HM)	SP-OMA ^a (HA)-OMM ^a (HA)-OTS ^a (HA) OAA ^a (HA)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HA)	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM IV/A	CHA-PHF-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HA) OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM) OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM)-OCA ^a (HM) OCA ^a (HA)-OAP ^a (HM)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HM)	CHM-HMV-BTC-EST-SP ^a -OMA ^a (HA) OMS ^a (HM)-ORA ^a (HA)	RRU	OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM IV/B	HMV-BTC-EST-PHF-OMA ^a (HM) OMS ^a (HM)-OMM ^a (HM)-OTS ^a (HM) OAA ^a (HM)-OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)-ORA ^a (HM)	CHM-SP ^a -OMS ^a (HA)-OAA ^a (HA) OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)	CHA-OMA ^a (HA)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HA)-ORA ^a (HA)	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
	CEM V/A	HMV-BT-EST-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAA ^a (HM) OCA ^a (HM)-OAP ^a (HM)-ORA ^a (HM)	CHM-CHA-PHF-SP ^a -OAA ^a (HA) OCA ^a (HA)-OAP ^a (HA)	OMA ^a (HA)-ORA ^a (HA)	RRU-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP)
UNE 80305:1996	BL I	RRU-OMA ^a (HA)-OMA ^a (HP)-OMS ^a (HP) OTS ^a (HP)-OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP) ORA ^a (HP) SP(CON MATERIALES MINERALES)	ORA ^a (HA)	SP(32.5)-OMA ^a (HM)-OMS ^a (HM) OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM)-OMM ^a (HA) OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA)-OAP ^a (HM) ORA ^a (HM)	CHM-HMV-CHA-BTC-EST-PHF-SP(32.5) OAA ^a (HM)-OAA ^a (HA)-OCA ^a (HM)-OCA ^a (HA) OAP ^a (HA)
	BL II	SP (CON MATERIALES MINERALES)	RRU-SP-OMA ^a (HM)-OMA ^a (HA)	OMS ^a (HM)-OMS ^a (HA)-OMM ^a (HM) OMM ^a (HA)-OTS ^a (HM)-OTS ^a (HA) OAA ^a (HM)-OAA ^a (HA)-OCA ^a (HM)-OCA ^a (HA) OAP ^a (HM)-OAP ^a (HA)-ORA ^a (HM)-ORA ^a (HA)	CHM-HMV-CHA-BTC-EST-PHF-OMA ^a (HP) OMS ^a (HP)-OMM ^a (HP)-OTS ^a (HP) OAA ^a (HP)-OCA ^a (HP)-OAP ^a (HP)-ORA ^a (HP)
	BL V	SP	SP	-	EN NINGUNA DE LAS CLASES DE OBRAS U HORMIGONES CONTENIDOS EN ESTE CUADRO SALVO SP
UNE 80303:19996	SR	CEMENTOS RESISTENTES A SULFATOS Y AL AGUA DE MAR UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO Y CATEGORÍA EN HM, HA Y HP EN OM Y MÁS PARTICULARMENTE EN OMM			
	MR	CEMENTOS RESISTENTES AL AGUA DE MAR SOLAMENTE UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO Y CATEGORÍA EN HM, HA Y HP EN OM Y MÁS PARTICULARMENTE EN OMA Y OMS			

CUADRO 3: CLASES DE OBRAS A LAS QUE CORRESPONDEN CEMENTOS CON DISTINTO GRADO DE UTILIZACIÓN (P. 10)

NORMAS	TIPOS DE CEMENTO	MUY UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	MENOS (O POCO) UTILIZABLES PARA	NO UTILIZABLES PARA
UNE 80306: 1996	BC	CEMENTOS DE BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO Y CATEGORÍA EN HM Y HA EN CHM Y CHA Y MÁS PARTICULARMENTE EN HMV			
UNE 80307: 1996	ESP VI-1 ESP VI-2	CEMENTOS ESPECIALES SÓLO UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO Y CATEGORÍA, EN SU CONDICIÓN DE CEMENTOS BC, PARA FINES MUY ESPECÍFICOS, TALES COMO CHM Y HMV NO UTILIZABLES EN ABSOLUTO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL NI PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
UNE 80310: 1996	CAC/R	CEMENTOS DE ALUMINATO DE CALCIO UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO EN SU CONDICIÓN DE CEMENTOS SR/MR Y RESISTENTES A AGUAS DÉBILMENTE ÁCIDAS* EN HM DE OM (OMA, OMS Y OMM) Y EN OAA Y OAP Y EN HIM REFRACTARIOS			

OBSERVACIONES

- El significado de los signos " ", " " y " " es, en cada caso, el que se señala en el texto y se indica en las columnas correspondientes del anexo 4, a saber:

- * En SP: " " = sobre bases muy agresivas; " " = sobre bases agresivas; " " = sobre bases normales.
- * En OMA: " " = condición mínima del cemento de ser MR.
- * En OMS, OMM y OTS: " " = condición obligatoria del cemento de ser SR.
- * En ORA: " " = condición recomendada de que el cemento sea de bajo contenido de álcalis.

- En las diferentes clases de obras, y por lo que respecta a los distintos tipos de cemento con diversos grados de utilización aquellos con las categorías "necesarias", "suficientes" o "imprescindibles", así como "superiores", "poco superiores" y "muy poco superiores" en cada circunstancia, según se indica en el texto.

- En el mismo se emplea la expresión "en su caso" cuando sea dudoso que un tipo y subtipo de cemento pueda, por su naturaleza y composición alcanzar una determinada categoría resistente.

- Para HM, HA y HP (sin la condición de ser SR) véanse los anexos 1 y 2.

ANEXO 4

CUADRO 4: CLASES DE OBRAS Y CEMENTOS QUE REQUIEREN

CLAVES DEL CUADRO

CHM = CIMENTACIONES DE HORMIGÓN EN MASA
 HMV = OBRAS DE HORMIGÓN EN MASA DE GRANDES VOLÚMENES
 CHA = CIMENTACIONES DE HORMIGÓN ARMADO
 BTC = BASES DE CARRETERAS TRATADAS CON CEMENTO
 EST = ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
 PHF = PAVIMENTOS DE HORMIGÓN PARA FIRMES DE CARRETERAS
 RRU = REPARACIONES RÁPIDAS DE URGENCIA
 SP = SOLADO DE PAVIMENTOS
 OM = OBRAS MARÍTIMAS
 - OMA = OBRAS EN ATMÓSFERAS MARÍTIMAS
 - OMS = OBRAS EN INMERSIÓN TOTAL
 - OMM = OBRAS EN ZONA DE CARRERA DE MAREAS

OTS = OBRAS EN CONTACTO CON SUELOS Y AGUAS CON SULFATOS
 OAA = OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS ÁCIDAS
 OCA = OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS CARBÓNICAS AGRESIVAS
 OAP = OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS PURAS DE GRAN PODER DISOLVENTE
 ORA = OBRAS DE HORMIGÓN CON ÁRIDOS REACTIVOS
 HM = HORMIGÓN EN MASA
 HA = HORMIGÓN ARMADO
 HP = HORMIGÓN PRETENSADO
 MU = MUY UTILIZABLE
 U = UTILIZABLE
 PU = POCO (O MENOS) UTILIZABLE
 NU = NO UTILIZABLE

NORMAS	CEMENTOS		CLASES DE OBRAS														
	TIPOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	11	12	13	14
		CHM	HMV	CHA	BTC	EST	PHF	RRU	SP	OM			OTS*	OAA	OCA	OAP	ORA*
		OMA*	OM	OMM*													
UNE 80301: 1996	CEM I	PU	NU (salvo BC)	PU*	PU	PU	PU	MU	PU(32,5) NU (>32,5)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	NU(HM) NU(HA) MU(HP)	NU(HM) NU(HA) MU(HP)	PU(HM) PU(HA) MU(HP)	PU*(HM) U*(HA) MU*(HP)
	CEM II/A-S	MU	PU	MU	PU	PU	U	PU	U*	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)
	CEM II/B-S	MU	U	U	U	U	MU	NU	U*	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)
	CEM II/A-D	PU	NU (salvo BC)	PU*	NU	PU	U	U	PU(32,5) NU (>32,5)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) PU(HA) MU(HP)	PU(HM) PU(HA) MU(HP)	PU(HM) PU(HA) MU(HP)	U(HM) MU(HA) MU(HP)	U(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)
	CEM II/A-P	U	PU	MU	PU	PU	U	PU	U*	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)
	CEM II/B-P	U	U	U	U	U	MU	NU	U*	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)
	CEM II/A-V	U	PU	MU	PU	PU	U	PU	U	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)
	CEM II/B-V	U	U	U	U	U	MU	NU	U*	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)
	CEM II/A-L	U	PU	PU	PU	PU	U	PU	U*	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) PU(HA) NU(HP)

ANEXO 4
CUADRO 4: CLASES DE OBRAS Y CEMENTOS QUE REQUIEREN

CLAVES DEL CUADRO

CHM	=	CIMENTACIONES DE HORMIGÓN EN MASA	OTS	=	OBRAS EN CONTACTO CON SUELOS Y AGUAS CON SULFATOS
HMV	=	OBRAS DE HORMIGÓN EN MASA DE GRANDES VOLUMENES	OAA	=	OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS ÁCIDAS
CHA	=	CIMENTACIONES DE HORMIGÓN ARMADO	OCA	=	OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS CARBÓNICAS AGRESIVAS
BTC	=	BASES DE CARRETERAS TRATADAS CON CEMENTO	OAP	=	OBRAS EN CONTACTO CON AGUAS PURAS DE GRAN PODER DISOLVENTE
EST	=	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	ORA	=	OBRAS DE HORMIGÓN CON ÁRIDOS REACTIVOS
PHF	=	PAVIMENTOS DE HORMIGÓN PARA FIRMES DE CARRETERAS	HM	=	HORMIGÓN EN MASA
RRU	=	REPARACIONES RÁPIDAS DE URGENCIA	HA	=	HORMIGÓN ARMADO
SP	=	SOLADO DE PAVIMENTOS	HP	=	HORMIGÓN PRETENSADO
OM	=	OBRAS MARÍTIMAS	MU	=	MUY UTILIZABLE
	=	OMA = OBRAS EN ATMÓSFERAS MARÍTIMAS	U	=	UTILIZABLE
	=	OMS = OBRAS EN INMERSIÓN TOTAL	PU	=	POCO (O MENOS) UTILIZABLE
	=	OMM = OBRAS EN ZONA DE CARRERA DE MAREAS	NU	=	NO UTILIZABLE

NORMAS	CEMENTOS	CLASES DE OBRAS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	11	12	13	14	
		TIPOS	CHM	HMV	CHA	BTC	EST	PHF	RRU	SP	OM			OTS**	OAA	OCA	OAP	ORA*
											OMA*	OMS**	OMM**					
UNE 80301:1996	CEM I	PU	NU (salvo BC)	PU*	PU	PU	PU	MU	PU(32,5) MU(>32,5)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) PU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) PU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) PU*(HA) MU*(HP)	NU(HM) MU(HA) MU(HP)	NU(HM) MU(HA) MU(HP)	NU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)
	CEM II/A-S	MU	PU	MU	PU	PU	U	PU	U*	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	
	CEM II/B-S	MU	U	U	U	U	MU	NU	U*	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	
	CEM II/A-D	PU	NU (salvo BC)	PU*	NU	PU	U	U	PU(32,5) MU(>32,5)	PU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	PU*(HM) PU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) PU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) PU*(HA) MU*(HP)	U(HM) MU(HA) MU(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	PU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	
	CEM II/A-P	U	PU	MU	PU	PU	U	PU	U*	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) MU*(HP)	
	CEM II/B-P	U	U	U	U	U	MU	NU	U*	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU*(HP)	
	CEM II/A-V	U	PU	MU	PU	PU	U	PU	U	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	
	CEM II/B-V	U	U	U	U	U	MU	NU	U*	MU*(HM) U(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	MU*(HM) MU*(HA) NU(HP)	
	CEM II/A-L	U	PU	PU	PU	PU	U	PU	U	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU*(HA) NU(HP)	U(HM) MU*(HA) NU(HP)	U(HM) MU*(HA) NU(HP)	U(HM) MU*(HA) NU(HP)	U(HM) MU*(HA) NU(HP)

CUADRO 4: CLASES DE OBRAS Y CEMENTOS QUE REQUIEREN (Fus)

NORMAS	CEMENTOS	CLASES DE OBRAS																
	TIPOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	11	12	13	14	
		CHM	HMV	CHA	BTC	EST	PHF	RRU	SP	OMA*	OMS**	OMM**	OTS**	OAA	OCA	OAP	ORA*	
UNE 80301:1996	CEM II/A-M	MU	PU	MU	PU	PU	U	PU	U	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)
	CEM II/B-M	MU	U	U	U	U	MU	NU	U*	U(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)
	CEM III/A	MU	MU	MU	MU	U	U	NU	U**	MU(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)
	CEM III/B	MU	MU	U	MU	MU	U	NU	PU	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) U(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)
	CEM IV/A	U	U	MU	U	U	MU	PU	U**	MU(HM) U(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)
	CEM IV/B	U	MU	PU	MU	MU	MU	NU	U**	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	U(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) PU(HA) NU(HP)
	CEM V/A	U	MU	U	MU	MU	U	NU	U**	MU(HM) PU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)	MU(HM) MU(HA) NU(HP)
UNE 80305:1996	BL I	NU	NU	NU	NU	NU	NU	MU	PU(32,5) NU (>32,5)	MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)	PU(HM) MU(HA) MU(HP)
	BL II	NU	NU	NU	NU	NU	NU	U	U*	U(HM) U(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)	PU(HM) PU(HA) NU(HP)
	BL V	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	MU*	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)	NU(HM) NU(HA) NU(HP)
UNE 80303:1996	SR	CONDICIÓN INDISPENSABLE PARA LOS CEMENTOS DE LAS COLUMNAS OMS Y OMM UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO																
UNE 80306:1996	MR	CONDICIÓN MÍNIMA INDISPENSABLE PARA LOS CEMENTOS DE LA COLUMNA OMA UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO																
UNE 80306:1996	BC	CONDICIÓN INDISPENSABLE PARA LOS CEMENTOS CEM I Y CEM II/A-D UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO EN HMV CONDICIÓN RECOMENDABLE PARA TODOS LOS DEMÁS CEMENTOS UTILIZABLES EN UNO U OTRO GRADO EN HMV																
UNE 80307:1996	ESP VI-1	PU	U	NU	U	U	U	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	ESP VI-2	PU	U	NU	U	U	U	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
UNE 80310:1996	CAC/R	SÓLO UTILIZABLES EN: HORMIGONES Y MORTEROS REFRACTARIOS Y HORMIGÓN EN MASA EN MEDIOS AGRESIVOS: MEZCLAS CON CEMENTO PORTLAND CEM I PARA TAPONAMIENTO DE VÍAS DE AGUA NO UTILIZABLES: PARA HORMIGÓN PRETENSADO SU USO SE DEBE ATENER ERICTAMENTE AL CONTENIDO DEL ANEXO A (INFORMATIVO) DE LA NORMA UNE 80310:1996																

OBSERVACIONES
 * En la columna 8 (SP): ** = sobre bases muy agresivas; * = sobre bases agresivas; = sobre bases normales.
 * En la columna 9 (OMA): * = cementos con la condición mínima de ser MR (Norma UNE 80303:1996).
 * En las columnas 9 (OMS y OMM) y 10 (OTS): * = cementos con la condición obligatoria de ser SR (Norma UNE 80303:1996).
 * En la columna 14 (ORA): * = cementos (recomendables) con bajo contenido de álcalis (Neq = N% + 0,658 K% < 0,6) no normalizados en España.

Capítulo X

Índice de figuras

Capítulo X. Índice de figuras

X.1 Figuras del capítulo I

Figura I.1 *Panteón de Agripa*. Panteón de Agripa es una muestra de cómo una obra realizada en hormigón perdura en el tiempo si es conservada debidamente al igual que el hormigón de los puertos de Tirreó

Figura I.2 Henry Moore, *Mujer recostada*, 1926, 63.5cm. Hormigón, Col. Irina Moore. Imagen tomada del libro MOORE, Henry. (1981), *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa. Página 35. fuente Museo Henry Moore.

Figura I.3 Oetiza, *Adán y Eva*. 1931. 42 x 47 x 15 cm. Fotografía tomada de RINCON –C. (2010). *Oteiza*. [en línea]. Álava: Instituto Educación Secundaria, Victoria Kent. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Arte/oteiza/oetiza.htm>>

Figura I.4 Detalle del conjunto escultórico subacuático del escultor Jason deCaries Taylor realizado en México. Fotografías tomadas de la página web del artista DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,Mexico: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.underwatersculpture.com/>>

X. 2 Figuras del capítulo II

Figura II.1 Desarrollo de la Resistencia en el Tiempo de un Hormigón con Cemento Pórtland Normal.

Figura II.2 Detalle de esquema de la fabricación del cemento. Imagen tomada de Tecnologías Limpias, VVAA. (2010). *Cemento*. [en línea] Madrid: Tecnologías Limpias.[Fecha de consulta 25/03/2014]. <<http://www.tecnologiaslimpias.org/>>

Figura II.3 Cuadro de tipos de los cementos más habituales por su composición.JIMÉNEZ, Montoya. (2000). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 14ª edición tomada de la EHE basada en el código modelo y en el eurocódigo, pag 30.

Figura II.4 Detalle de textura de relieve realizado con árido procedente del picadizo de fundición.

Figuras II.5 y 2.6 detalles de grava y torre de clasificación de áridos en cantera. Fotos tomadas de, VVAA, (2014). *Áridos*. [en línea] , Madrid: Wikipedia.[Fecha de consulta 06/06/2014].<[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_\(miner%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_(miner%C3%ADa))>

Figura II.7 Muestrario de áridos gran parte de ellos procedentes de la trituración de distintos mármoles.

Figura II.8 Detalle de textura de pieza de hormigón realizada con árido procedente de la trituración de mármoles blancos.

Figura II.9 Muestrario de áridos, algunos de ellos minerales naturales otros tierras calizas tintadas.

Figura II.10 Muestrario de áridos tintados y vidrios machacados, en molino de piedra.

Figura II.10b Áridos procedentes de la trituración de vidrios

Figura II.11 Almacenamiento de áridos por división de colores y granulometría en PREHORQUISA, Segovia.

Figura II.12 Ejemplo de hormigón con pigmentos dispuestos aleatoriamente en el encofrado.

Figura II.13 Distintos tipos de presentación y envasado de aditivos para el hormigón, líquidos, en polvo aerosoles, etc. En este caso de la casa Sika. VVAA. (2010). *Pigmentos*. [en línea] Madrid: SIKA. [Fecha de consulta 06/06/2014]. <www.sika.es>

Figura II.14 Detalle de *La Llave del camino* de Javier Sauras.

Figura II.15 Distintos tipos de barras corrugadas de armado con diferentes secciones.

Figura II.16 Ejemplo de armado en doble cara, con separadores y anclaje para facilitar la extracción de la pieza del molde una vez fraguada.

Figura II.17 En la foto de la escultura de La sirena varada de Eduardo Chillida se aprecia ese armado en forma de jaula por no haber mantenido esa distancia de recubrimiento mínimo.

Figura II.18 Ejemplo de separador en rueda o estrella.

Figura II.19 Ejemplos de distintos tipos de separadores. Dibujo tomado de CALAVERA. J, (2013) *Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas*. Madrid: Ediciones INTEMAC. página 20.

Figura II.20 Cuadro de dosificaciones. Cuadro reproducido de BONILLA María Isabel. (1993). *Escultura, hechos*. La Laguna: María Isabel Sánchez Bonilla, pag 29, a su vez tomado de LADE-WINKLER. (1960). *Yesería y estuco* Barcelona: ed Gustavo Gili, página 17.

Figura II.21 Ejemplo de mezcladora para formato pequeño realizada con un taladro en este caso de la marca Bosch. Foto tomada de VVAA. (2011), *Mezcladora*. [en línea] Madrid: Ferrovicmar. [Fecha de consulta 02/06/2013]. <<http://www.ferrovicmar.com/taladro-bosch-mezcladoragrw11e.asp>>

Figura II.22 Hormigonera *Syntesi* de 250 litros de capacidad.

Figura II.23 Ejemplo de camión hormigonera aportando el hormigón in situ.

Figura II.24 Punta de un vibrador interno.

Figuras II.25 y 2.26 Vista completa de un vibrador interno con manguera y vibradores Neumac de alta frecuencia. Fotografía tomada de VVAA, (2011). *Vibradores* [en línea] Zaragoza:[Fecha de consulta 25/09/2014]. < www.neumac.es>

Figura II.27 Vibradores externos para el encofrado. Foto tomada de VVAA, (2010) *Vibradores externos*, [en línea] Madrid: Directindustry[Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.directindustry.es>>

Figuras II.28 y 2.29 Dos ejemplos de vibradores superficiales uno manual y otro para superficies horizontales.

Figura II.30 Esquema de Cono de Abrams. Esquema tomado de VVAA. (2013). *Cono de Abrams* [en línea]. Madrid: Construmática [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Cono_de_Abrams.jpg>

Figura II.31 Cono de Abrams con todos sus elementos: el molde troncocónico, un asa y la plancha de sujeción. Fotografías tomadas de VVAA, (2010). *Cono de Abrams*, [en línea]. Italia: wikipedia [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Cono_de_Abrams_01.jpg>

Figura II.32 Llenado del cono. Fotografías tomadas de VVAA, 2010. VVAA, (2010). *Cono de Abrams*, [en línea]. Italia: wikipedia [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Cono_de_Abrams_01.jpg>

Figura II.33 Medición. Fotografías tomadas de VVAA, (2010). *Cono de Abrams*, [en línea]. Italia: wikipedia [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Cono_de_Abrams_01.jpg>

Figura II.34 Mesa de sacudidas para el ensayo de trabajabilidad del hormigón, con cono de llenado pistón de compactación y manivela de sacudidas.

Figura II.35 Encofrado del *Elogio del Agua* de Eduardo Chillida.

Figura II.36 Uniones a vértice y a tope, no colocar tableros a vértice por existir riesgo de fuga del material.

Figura II.37 Detalles de tirantes interiores, recuperable y perdido. Imágenes tomadas de VVAA. (2010) *Tirantes* [en línea]. Madrid: Construmat. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <www.construmat.com>

Figura II.38 Esquema de diagrama presión de empuje del hormigón al encofrado en su estado líquido. Dibujo tomado de GRIÑAN, José.(1970). *Encofrados*. Barcelona: Ceac página 32.

Figura II.39 Un ejemplo de escultura de Ángel Mateos de gran altura donde el encofrado debe estar diseñado para resistir el empuje por la presión del hormigón dispuesto en altura Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figuras II.40, 2.41 y 2.42 Ejemplos de distintas texturas del hormigón dependiendo de sus moldes. Estos ejemplos son, respectivamente, de encofrado metálico, encofrado de madera y encofrado de molde elastómero.

Figura II.43 Pieza del escultor Walter Jack *Crusehedwall* 2007. 4000x400x100. Hormigón con encofrado de molde elástico¹, Heardlands. Fotografía tomada de la web del artista. JACK Walter (2012), *Crusehedwall*. [en línea] UK: Jack Walter [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.walterjack.co.uk>

Figura II.44 Dibujos de encofrados metálicos. Dibujo tomado de Encofrados GRIÑAN, José. (1970). *Encofrados*. Barcelona: Ceac, página 32.

Figura II.45 Diagrama indicativo de la resistencia (en %) que adquiere el hormigón a los 14, 28, 42 y 56 días.

Figuras II.46 Detalle de fotografías del proceso de cristalización durante el fraguado. Fotos tomadas de CASTAÑO, Jesus Orlando.(2011). *Mineralogía del Cemento*. [en línea]. Medellín: SCRIB [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://es.scribd.com/doc/58852948/EVOLUCION-MINERALOGICA-DEL-CEMENTO>>

Figura II.47, Hugues Maurin, *Torso* (2009) , Escultura vaciada en hormigón blanco.45x30 cm. Foto tomada de VVAA, (2010). *Hugues Maurin*,.[en línea]. Paris: Mon Beau Beton [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.monbeaubeton.com/art/galerie1>>

Figura II.48 Relieve realizado en hormigón rojizo a base de picadizo (Madrid, 1999; 80.80.10cm).

Figura II.49 Javier Sauras, *retrato de Unamuno* 1990 Universidad de Bilbao. Fue hormigonado enterrando el molde en una cama de arena para evitar la presión del líquido en el molde.

Figura II.50 Oteiza, *Comprendiendo políticamente* (1935). Museo Reina Sofía de Madrid. Modelada y posterior vaciado en hormigón a molde perdido. Fotografía aportada por el Museo Oteiza. En el capítulo IV dentro del apartado de Oteiza, Jorge se desarrolla la obra realizada por este autor dentro de la técnica del hormigón.

Figura II.51 y 2.52 Ejemplos de esculturas realizadas por Federico Assler, *Ferrun* y *Flora* 1999. Concepción, Chile 650x700x150 cm y ErvinPatkai “sin título” 1973. Poincarre, Francia 300x170x100 cm, realizadas con moldes directos del poliestireno expandido tallado en negativo de estos trabajos se ofrece más información dentro del capítulo IV en sus respectivos apartados. Fotos tomadas del catálogo de la exposiciónASSLER, Federico (2004). *Assler, Federicoexposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*.Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 12 y pagina web del artistaPATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura II.53 Modelado en barro

Figura II.54 Una vez retirada la escayola.

Figura II.55 Pieza después del relleno de huecos.

Figura II.56 Textura final repasada y tintada parcialmente

Figura II.57 y 2.58 Imágenes de la figura modelada. *Virgen del Carmen* de Cercedilla.

Figura II.59, 60 y 61 Imágenes del proceso de realización de moldes y armado de los mismos.

Figura II.62 Imagen del momento del desmoldeo y extracción de las llaves, el barro y estructura metálica del mismo.

Figura II.63 Limpieza de los moldes mediante chorro de agua a presión.

Figura II.65 Vista de uno de los lugares donde se ha realizado la trepanación para salida de aire en el cogote de la cabeza del Niño.

Figura II.66 Imagen de la aplicación de desencofrante y limpieza interior.

Figura II. 67 Imagen del molde una vez sellado.

Figura II.68 Imagen del compartimento estanco una vez montado y cinchado en todo su perímetro

Figura II.69 Imagen del hormigonado y vibrado de la pieza.

Figura II.70, 71 y 72 Tres imágenes del proceso del desmoldeo.

Figura II.73, 74 y 75 Tres imágenes del proceso de acabados posteriores al desmoldeo.

Figura II.76, 77 y 78 Tres imágenes del empaquetado y protección para el traslado de la virgen

Figura II.79, 80 y 81 Tres imágenes del proceso de colocación de la escultura.

Figura II.82, 83 y 84 Tres imágenes de la figura ya colocada en su lugar definitivo

Figura II.85 Detalle de relieve realizado por Miguel fuentes del Olmo, modelando en negativo y vaciado directo. Fotografía aportada por el escultor. Fuentes del Olmo Miguel, Escultor español. (Autor que posteriormente se desarrollará en los capítulos IV y VI, dentro del apartado, Fuentes del Olmo Miguel).

Figura II.86 Costantino Nivola realizando un mural modelando en negativo sobre arena técnica denominada sand-casting. Fotografía tomada ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*. Nuoro: Ilisso, página 59. Costantino Nivola, Escultor italiano. (Autor que posteriormente se desarrollará en los Capítulos IV y VI, dentro del apartado Nivola, Costantino) Obsérvese los acabados con esta técnica de su propia invención denominada *sand-casting*.

Figura II.87 Se prepara la superficie colocando sobre ella un plástico que sobre por todo su perímetro y sobre él se coloca el un bastidor que nos hará de tope del barro y encofrado.

Figura II.88 Un detalle del bastidor es que si lo disponemos con eles de metal el desencofrado es sencillo y rápido, y se amolda a distintas escuadrías.

Figura II.89 Se rellena de barro construyendo un plano terso.

Figura II.90 Una vez alisado se retira el bastidor para poder comenzar a modelar siempre pensando que es en negativo y que todo lo que se retira o hunde será sobresaliente.

Figura II.91 Se realizan las incisiones con cualquier tipo de objeto.

Figura II.92 Cualquier tipo de incisión en el barro, por nimia que sea, quedará registrada en el hormigón; con los aditivos se potencian los registros y con los superfluidificantes se puede registrar con más facilidad.

Figura II.93 Una vez terminadas las incisiones se corrigen los laterales por las posibles deformaciones que aparecen en el barro después de ser sometido a ellas.

Figura II.94 Se cubre con el plástico sobrante.

Figura II.95 Se coloca el bastidor y el plástico otra vez por encima del mismo, de tal manera que hacemos una estancia estanca del molde conservando la humedad del molde y del hormigón, evitando con ello posibles fugas del mismo en el momento de echar la lechada.

Figura II.96 Se apuntala el bastidor evitando movimientos.

Figura II.97 Se incorpora la armadura; en este caso un simple armado de alambre grueso galvanizado suspendido en el aire para que no toque la superficie dejando al menos dos centímetros de la superficie del barro.

Figura II.98 Se añaden los futuros anclajes; en este caso la solución fue acudir a unos espárragos de acero inoxidable doblados en forma de ele suspendidos en el aire.

Figura II.99 Se vierte el hormigón en el cofre e inmediatamente se protege con un plástico.

Figura II.100 Si en el tiempo de fraguado y primeros días de endurecimiento la temperatura es alta y la humedad ambiente es escasa – tal como fueron los parámetros meteorológicos en la realización de este mural – conviene, tal como se hizo en este trabajo, regar diariamente la pieza pese a estar totalmente protegida por plástico.

Figura II.101 Al tercer día de fraguado se pueden retirar los tabloncillos de suspensión de armaduras para facilitar la labor de humedecimiento diaria de la pieza.

Figura II.103 Se retira de la mesa de soporte y se dispone a retirar el barro. En esta ocasión era más fácil retirar el barro con la pieza en vertical; además, se levantó para no dañar los anclajes en su parte posterior.

Figura II.104 En este trabajo se optó por no aplicar desencofrante al barro para que el mismo barro dotara de una leve pátina a la pieza; el inconveniente fue que su retirada resulta más tediosa.

Figura II.105 Retirada de barro manualmente y mediante espátulas de madera.

Figura II.106 Comienzo de la retirada del barro y aparición del relieve.

Figura II.107 Se continúa la limpieza mediante cepillado con agua.

Figura II.108 Detalle del relieve una vez limpio de barro. Repárese en la esbeltez que se consigue con los superfluidificantes, pudiéndose realizar láminas muy finas.

Figura II.109 En la foto se puede ver cómo registra el hormigón incluso a pequeña escala; se aprecian también pequeñas coqueras de uno y dos milímetros prácticamente insignificantes para un hormigón habitual.

Figura II.110 Detalle del relieve escultura una vez retirado el barro y antes de repasar los bordes utilizando la radial con un disco de desbaste de piedra, para quitar las rebabas y los relieves formados por el contacto con el plástico perimetral.

Figura II.111 y 112 *Velero*.FGJ, 2013, 40x30x4 cm, hormigón

Figura II.113 y 114 Barro y detalle de *Abstracción geométrica*. FGJ.2013, 40x30x5 cm, hormigón.

Figura II.115 Vista general del relieve, *Abstracción geométrica*. FGJ.2013, 40x30x5 cm, hormigón.

Figura II.116 a119 *Intestino*, FGJ, 2013, 40x30x5 cm, hormigón.

Figura II.120 y 121 Vista y detalle de incisiones realizadas mediante baquetas de metalófono.

Figura II.122 y 123 Vista general y detalles del relieve , *Revuelto*, FGJ 2013, 30x30x5 cm

Figura II.124 y 125 Detalle de incisiones mediante figuras geométricas simples intercalando una lámina de PVC generando un acolchado de la incisión

Figura II.126 y 127 Vista general del relieve, *Familia Simó Álvarez*, FGJ, 2013, 40x30x5 cm, Hormigón

Figura II.128 y 129 Detalles del relieve, *Familia Simó Álvarez*, FGJ, 2013, 40x30x5 cm, Hormigón.

Figura II.130 y 131 Detalle de negativo en barro con anclaje en el aire dispuesto para ser hormigonado y vaciado en hormigón.

Figura II.132 y 133 Vista general y detalle de: *Cristalización de Rosa*, FGJ, 2013, 30x30x8 cm.

Figura II.134, 135 y 136 Detalles de la realización del relieve, *Ebullición Dáctil*, FGJ, 2013, 30x30x5 cm, Hormigón.

Figura II.137 a 139 Detalles y vista general del relieve *Ebullición Dáctil*, FGJ, 2013, 30x30x5 cm, Hormigón.

Figura II.140 Ejemplo de relieve realizado con esta técnica por Federico Assler. Santiago de Chile 1981. 1400x600x40 cm es el gran impulsor de esta técnica realizando una cantidad ingente de piezas de gran complejidad en algunos casos. Fotografía tomada de JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol2, página 115. Federico Asslerl, Escultor Chileno. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado, Assler, Federico).

Figura II.141 Poliestireno expandido tallado en negativo.

Figura II.142 Montado de encofrados laterales y gatos de refuerzo. Con ellos evitamos que existan hendiduras por las que se fugue el hormigón y rigidizamos el encofrado.

Figura II.143 Colocación de anclaje para posterior sustentación. Se empleó un alambre grueso galvanizado con un par de esperas que penetraran en el líquido conglomerante soportado por una varilla que va de lado a lado sin llegar a tocar la pasta.

Figura II.144 Se vierte el hormigón y se hace vibrar dando unos golpes en la estructura del encofrado para hacer aparecer las pequeñas burbujas que pudiesen quedar dentro a modo de vibrado.

Figura II.145 Se tapa todo con un plástico y se mantiene húmedo durante los días de fraguado regándolo diariamente si es tiempo caluroso.

Figura II.146 Se procede a la retirada del molde mediante hilo de *Nicrom* y cepillos de cerda metálica.

Figuras II.147 y 2.148 Extracción del relieve *Flor de Lenguas*, FGJ, 2013, 40x40x8 cm.

Figura II.149 De talle del molde en poliestireno expandido con refuerzo de acero corrugado de ocho milímetros de diámetro y anclajes de argollas del relieve, *Emulando al maestro Federico Assler*, FGJ, 2013, 140x50x20 cm, hormigón.

Figura II.150 Detalle de desencofrado de *Emulando al maestro Federico Assler*, FGJ, 2013, 140x50x20 cm, hormigón

Figura II.151 *Emulando al maestro Federico Assler*, FGJ, 2013, 140x50x20 cm, hormigón.

Figura II.152 y 153 Ervin Patkaï realizando una de sus obras en esta técnica. Ervin Patkaï Escultor Croata. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado, Patkaï, Ervin).

Figura II.93 Ervin Patkaï realizando una de sus obras en esta técnica. *Sin título* 1966. Grenoble Francia. 400x250x250 cm. Fotografías tomadas de la web del artista. PATKAI Ervin.(2010).

Obra. [en línea]. París: Ervin Patkai. [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura II.154 El volumen genérico lo dividimos con hilo de Nicrom en cuatro partes con sus llaves respectivas.

Figura II.155 Detalle de pieza una vez dividida en cuatro partes con sus llaves.

Figura II.156 Comenzamos a tallar siempre utilizando dos partes unidas y vamos tomando partes de dos en dos, siempre con el mismo giro para evitar incongruencias en la forma y que se vean posteriormente las juntas. Procuraremos que nuestra talla no llegue a las llaves, para lo que dispondremos de un bloque mucho mayor que nos permita garantizarnos unos márgenes seguros en todo momento.

Figura II.157 Dejaremos una boca de acceso del material y pegamos todas las juntas; de esta manera damos estanqueidad y uniformidad al molde.

Figura II.158 Una vez encolada la pieza unimos los módulos y se pega con presión con el acetato de polivinilo teniendo cuidado de que no surjan posibles desplazamientos.

Figura II.159 Ya encolado el molde se sella con cinta americana y se embrida con cricas o cinchas se puede llenar de agua para comprobar la estanqueidad del mismo y cerrar posibles puntos de fuga.

Figura II.160 Se introduce el anclaje; esta vez empleamos una varilla roscada.

Figura II.161 Se hormigona, se vibra en este caso el vibrado se ha sustituido por golpes de maza de madera por todos los laterales del molde comprobando que aparecían burbujas en la boca de acceso y terminado el golpeteo cuando ya no surgían una vez vibrado se tala con plástico, se observa que se ha colmado en el vertido del mismo ya que una vez comienza el fraguado y secado en la bocana siempre hay retracción y de esta manera siempre quedará al ras una vez mermado.

Figura II.162 Una vez fraguado y endurecido se procede a la retirada del molde mediante hilo de *Nicrom* y cepillos de cerda de metal.

Las rebabas de hormigón se retiran con *Dremel* y amoladora con disco de carburo de silicio utilizado comúnmente para piedra, si es posible de escamas.

Figura II.163 Pieza en proceso de retirada de rebabas y restos de molde.

Figura II.164 Otra vista de la pieza durante el proceso de acabado.

Figura II.165 FGJ, *Tensión en el País*. Las Rozas, 2002; 100x70x70cm Pieza del doctorando de hormigón negro (Cemento portland con áridos negros y pigmento negro para hormigón).

Figura II.166 Pieza del escultor Walter Jack *Crusehedwall* 2007. 4000x400x100. Hormigón con encofrado de molde elástico, Heardlands. Fotografía tomada de la página web del

artista.JACK Walter (2012), *Crusehedwall*. [en línea] UK: Jack Walter [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.walterjack.co.uk>

Figura II.167 Detalle de pieza realizada a partir de volúmenes elaborados al llenar piezas de tela escultura realizada por Ofir Zucker. Fotografía tomada de la página web del artista. ZUCKER, Ofir, (2011). *Fossils*. [en línea] Israel: Ofir Zucker [Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.ofirz.com/>> Ofir Zucker Escultor Israelita. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo III, Últimas investigaciones del material con aplicaciones en la escultura. dentro del apartado, moldes textiles).

Figura II.168 Proceso de realización de encofrado de madera en mesa de la escultura “Figure III” realizada en 1969 por Hans Aeschbacher, ubicada en Uster. Todos los cartabones de madera están dispuestos como contrafuertes al empuje del hormigón líquido. Fotos tomadas del libro de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l’art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, páginas 20 y 21.

Figuras II.169 y 2.170 Detalles de acabado con el escultor y la pieza una vez ya colocada *Figure III* realizada en 1969 por Hans Aeschbacher, ubicada en Uster. 700x300x300cm. Fotos tomadas del libro de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l’art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, páginas 20 y 21.

Figura II.171 FGJ. FGJ, *Atento al cielo*, Las Rozas, 2000; 100x70x15cm. Cemento portland con áridos negros y pigmento negro para hormigón. Realizada a partir de un encofrado de paneles fenólicos dando una textura muy lisa al tacto. Los dos cuerpos están reforzados interiormente por un varillaje cruzado para evitar posible rotura en su parte central.

Figuras II.172 y 2.173 Detalles de operarios puliendo una superficie de hormigón. Fotos tomadas del libro PECK, Martin. (2006) *Hormigón, diseño, construcción, ejemplos*, Badalona: Ed GG Detail Praxis Las fotos son de la fachada del kunstmuseum de Liechenstein

Figura II.174 Textura superficial de hormigón pulido. Fotos tomadas del libro PECK, Martin. (2006) *Hormigón, diseño, construcción, ejemplos*, Badalona: Ed GG Detail Praxis. Las fotos son de la fachada del kunstmuseum de Liechenstein.

Figura II.175 José Luis Sánchez, *hospital del Gregorio Marañón*, 1989, Madrid, 150x200x100cm.

Figura II.177 y 2.178 Terminaciones al chorro de arena con árido más grueso y fino.

Figura II.176 Ejemplo de terminaciones en liso y al chorro de arena

Figura II.179, 2.180 2.181 Árido de sílice utilizado para el impacto, la boquilla del chorro y silo del árido de chorro e impulsores y mangueras del mismo.

Figura II.182 Textura de picado con puntero. Foto tomada de la escultura de Vaquero Turcios *Monumento al descubrimiento de América*.

Figura II.183 Textura de picado ligeramente con bailarina. Foto tomada de la escultura de Vaquero Turcios *Homenaje a Goya*

Figura II.184 Textura con martillo hidráulico y puntero en escultura de Vaquero Turcios. *Monumento al descubrimiento de América* Tal como se aprecia, durante el tratamiento de la superficie se ha llegado a la armadura.

Figuras II.185 y 2.186 Agustín Ibarrola, *Cubos de la Memoria*, 2002/2007, conjunto de cubos de hormigón de un metro de lado pintados en un espigón, LLanes.

Figuras II.187 y 2.188 Teselas de nácar pegadas con resina y escultura de Joan Miró *Mujer y Pájaro* 1983, realizada en hormigón y posteriormente recubierta de fragmentos de azulejos 700x200x200cm, Barcelona. Foto tomada de VVAA, (2013), *Galería de Productos*, Siminetti [en línea], UK: Siminetti [Fecha de consulta 25/09/2014]. <http://siminetti.com/>. Joan Miró. Escultor español. (Autor que posteriormente se desarrollará en el Capítulo IV Escultura en hormigón contemporánea, dentro del apartado, Miró, Joan).

Figuras II.189 y 2.190 Ejemplo de recubrimiento y desconche de teselas en escultura, *Árbol*, del ingeniero de montes Pedro Palacios Tejada y la ceramista María Huarte Rozas, escultura situada en Majadahonda. 1995, 500x100x100.

Figura II.191 Tipos de anclajes de piezas embebidas. Dibujos procedentes de la norma ACI (American Concrete Institute) número 355.R1/91.

Figura II.192 Camisas embebidas. Son ideales para anclajes de transporte una vez utilizadas se rellenan y no quedan vistas. Dibujos procedentes de la norma ACI (American Concrete Institute) número 355.R1/91.

Figura II.193 Camisas embebidas regulables. Son más versátiles y pueden ser ocultadas a posteriori. Dibujos procedentes de VVAA. (1990). *Informe sobre el estado del arte de los anclajes en hormigón informado por el comité ACI 355** [en línea]. Argentina: ACI. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_355-1R-91.pdf>

Figura II.194 Las placas de anclaje son las más resistentes. Pueden llevar en su parte exterior anclajes o pernos, o bien pueden ser lisas para ser soldadas; su inconveniente es que son las menos ocultables. Dibujos procedentes de VVAA. (1990). *Informe sobre el estado del arte de los anclajes en hormigón informado por el comité ACI 355** [en línea]. Argentina: ACI. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_355-1R-91.pdf>

Figura II.195 Los anclajes no embebidos se pueden rellenar con mortero de anclaje o bien con resinas; tienen la ventaja de poder ser puestos a posteriori. Dibujos procedentes de VVAA. (1990). *Informe sobre el estado del arte de los anclajes en hormigón informado por el comité ACI 355** [en línea]. Argentina: ACI. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_355-1R-91.pdf>

Figura II.196 Anclajes mecánicos de pernos con camisa metálica y cuña de presión, también pueden ser ocultados posteriormente a su uso. Dibujos procedentes de VVAA. (1990). *Informe sobre el estado del arte de los anclajes en hormigón informado por el comité ACI 355** [en línea]. Argentina: ACI. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_355-1R-91.pdf>

Figura II.197 Detalles de inserción en molde para ser embebidos una varilla en L roscada y perno roscado.

Figura II.198 escultor José Luis Sánchez *Relieve hotel barajas*, 1968, Madrid, realiza incrustaciones metálicas en sus relieves de hormigón. En esta ocasión se realizó con latón y cobre.; Hormigón, latón y cobre; 400 x 250.

Figura II.199 Ejemplo de empotramiento de una pieza.

Figuras II.200 Rafael. H de Caviedes, *Relieve para el Instituto del Frio*, 1966, Madrid. Hormigón piedra cerámica y vidrio. 700x550x65 cm.

Figura II.201 Ejemplo de superficie en estado previo al gunitado. Fotografía tomadas de VVAA, 2010 *Tematizaciones*, Valencia: Gunitados [Fecha de consulta 25/09/2014].
<<http://www.gunitados.net/tematizaciones/>>

Figura II.202 Pieza de tematización en el momento previo al gunitado. Fotografía tomadas de VVAA. (2010) *Tematizaciones*, Gunitados [en línea]. Valencia: Gunitados .net [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.gunitados.net/tematizaciones/>>

Figura II.203 Esquema de cómo realizar un volumen esférico mediante el proyectado sobre un volumen hinchado. Se realiza la base, se infla la superficie a proyectar se realiza una estructura de retícula metálica se proyecta el gunitado y una vez fraguado se retira el molde hinchable pudiéndose repetir el proceso. Esquema tomado de VVAA. (2010). *Monolithic Dome Home*, Monolithic, EEUU: MONOLITHIC, [Fecha de consulta 17/05/2014]<<http://www.monolithic.com/>>

Figura II.204 y 2.205 Esculturas realizadas en hormigón proyectado con textura de acabado de pintura de piedra envejecida. Foto tomada de VVAA,(2012). *Técnica de gunitado en escultura y tematizados*. [en línea]. Valencia: PAVIMENTOSONLINE . [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>

Figura II.206 Digitalización y malla 3D y seccionado virtual de la pieza. VVAA,(2012). *Técnica de gunitado en escultura y tematizados*. [en línea]. Valencia : PAVIMENTOS ONLINE . [Fecha de consulta 17/05/2014].
<http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>

Figura II. 207 Una vez cortadas las láminas mediante monitorizado, se construye la pieza en el tamaño ampliado para gunitar. Foto tomada VVAA,(2012). *Técnica de gunitado en escultura y tematizados*. [en línea]. Valencia : PAVIMENTOS ONLINE . [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>

Figuras II.208, 2.209 y 2.210 Proceso pieza de tematización gunitada. Foto tomada de VVAA,(2012). *Técnica de gunitado en escultura y tematizados*. [en línea]. Valencia: Pavimentos online. [Fecha de consulta 17/05/2014].
<http://www.pavimentosonline.com/deco_escultura/escultura.htm>

Figuras II.211 y 2.212 Rocódromo en San Sebastián de los Reyes y de la Universidad de Valencia realizado en gunitado imitando a piedra.

Figura II.213 Gunitadora por vía húmeda Turbosol con tolva de 200l remolcable. Foto tomada de VVAA, (2010), *Maquinaria*, [en línea]. Madrid: Solostokcs. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria/>>

Figuras II.214 y 2.215 Gunitadora por vía seca remolcable y robot de gunitado, con bomba autoportante y estacionaria. Foto tomada de VVAA.(2010)*Gunitadora*[en línea]. Barcelona: Uniform,[Fecha de consulta 23/02/2013].

<http://www.utiform.com/html/espanyol/gunitadoras/gm_gunitadora_de_hormigon_en_via_seca.php y VVAA, 2010, *Maquinaria*, Solostokcs, Madrid. 25/09/2014 <http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria/>>

Figura II.216 Fotografía de la escultora mejicana Alicia Peñalba en plena realización de escultura de hormigón de modelado directo en la que se puede observar como aparece aún la armadura y está en proceso de aportación de una primera capa de hormigón basto. Foto tomada del libro de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporain*.Neuchâtel: Griffon. Vol 1, página 84.

Figuras II.217 y 2.218 Dos fotografías que detallan como el escultor John W. Mills realiza una escultura en vaciado en hueco con mortero de cemento aluminoso y fibra de vidrio. Fotos tomadas del Libro MILLS, John W. (1968). *Sculpture in Concrete* .New York: Frederick A. Praeger, páginas 21 y 22.

Figura II.219 Ejemplo de dos esculturas realizadas por Henry Moore vaciadas en hueco con hormigón realizado con cemento aluminoso Figura recostada Foto tomada del Libro de MILLS, John W. (1968). *Sculpture in Concrete* . New York: Frederick A. Praeger, página 31.

Figura II.220 Ejemplo de dos esculturas realizadas por Henry Moore vaciadas en hueco con hormigón realizado con cemento aluminoso y Figura sentada. Foto tomada del Libro de MILLS, John W. (1968). *Sculpture in Concrete* .New York: Frederick A. Praeger, página 32.

Figura II.221 Retirada del molde mediante maza y cincel o formón por John W, Mills. Foto tomada del Libro de MILLS, John W. (1968). *Sculpture in Concrete* .New York: Frederick A. Praeger, página 20.

Figura II.222*Formas lentas cayéndose y levantándose en el laberinto*, 1957, 81 x 482 x 10 cm. (alto x ancho x fondo). Hormigón celular, madera y acero. Foto aportada por el Museo Oteiza.

Figura II.223 y 2.224 Estudio de relieve, Oteiza, 1956-1958, 14,4 x 11,9 x 5,8 cm. Hormigón celular y Figura, D/1953, Oteiza. 1953, 37 x 15 x 12 cm. hormigón celular. Fotografías aportadas por el museo Oteiza.

Capítulo III

Figura III-1 Tonalidades que pueden conseguirse con la utilización de diversos pigmentos. Fotografía tomada de PÉREZ, José Manuel. (1992). *Color y textura en el Hormigón estructural*. Madrid: INTEMAC D.L, página 30.

Figura III-2 Carta de colores orientativa para el hormigón impreso. Fotografía tomada de “Color y textura en pavimento y paramentos de hormigón, IECA” PÉREZ, José Manuel. (1992). *Color y textura en el Hormigón estructural*. Madrid: INTEMAC D.L, página 32.

Figura III-3 Botes de pigmentos para el hormigón foto tomada de VVAA. (2011). *Productos*. [en línea]. Barcelona: SERRACIMENTS. [Fecha de consulta 10/03/2014].<www.serraciments.com>

Figura III-4 Vista parcial de las instalaciones de PREHORQUISA.

Figura III-5 Piezas terminadas con y sin chorro de arena y molde de las mismas.

Figura III- 6 Piezas terminadas con y sin chorro de arena y molde de las mismas.

Figura III-7 Mesa de trabajo realizada en acero para encofrados laminares.

Figura III-8 Detalle de molde liso listo para hormigonar con su doble mallazo placas de anclaje definitivo y anclaje para poder extraer la pieza del molde y separadores de estrella.

Figura III-9 Textura de retícula con hormigón pigmentado y chorro de arena.

Figura III-11 Ejemplo de textura de cañizo realizada con moldes elastómero.

Figura III-10 Dos ejemplos de moldes elastómeros de forma orgánica.

Figura III-12 Texturas imitación a listones de madera realizados mediante moldes elastómeros.

Figura III-13 Texturas regulares y texturas irregulares imitando a sillería de piedra.

Figura III-14 Textura de hormigón al chorro de arena de canto de machaqueo y “china lavada” mortero de árido de canto rodado con chorro de arena.

Figura III-15 Textura de hormigón liso al que le han espolvoreado pigmento en el encofrado antes de verter el hormigón y textura imitación a mármol *travertino*.

Figura III-16 Detalle de la precisión con la que se registra una fotografía, a la izquierda vemos la imagen impresa en el hormigón y a la derecha la lámina que coloca en el encofrado con la imprimación de retardante.

Figura III-17 Sobre esas láminas se puede imprimir un texto, en la foto una lámina con un texto impreso ya habiendo sido utilizada en el encofrado.

Figura III-18 Detalle de hormigón al que se le ha incorporado grafismos mediante retardadores.

Figura III-19Detalle más cercano de la textura dejada por gráficos obtenidos por la incorporación de retardadores utilizados como tinta en láminas dispuestas en el interior del encofrado.

Figura III-20Planchas de hormigón con fotografía incorporada en su textura superficial mediante fotograbado.

Figura III-21Detalles del molde elastómero del que se obtuvieron las imágenes en hormigón de las fotografías anteriores.

Figura III-22 Ejemplo de maquetación de fotolito para la realización de molde y resultado en hormigón; fotografía original procesado de la fotografía para su conversión a datos CNC y resultado obtenido en una plancha de hormigón.

Figura III-23Ejemplo de impresión de dibujo de Escher en hormigón realizado por la empresa Reckli . Fotografía tomada de PECK, Martin. (2006) *Hormigón, diseño, construcción, ejemplos*, Badalona: Ed GG Detail Praxis, página 86.

Figura III-24Detalle de la fachada de la Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Eberswalde, Alemania 1999. Módulos fotograbados con dosificaciones pigmentadas.

Figura III-25 Ejemplo de fotografía impresa para el Jan Cremer Museum, Ámsterdam, con relieve más pronunciado. Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.reckli.net/>. <http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>

Figura III-26 Original tomado del bestseller del escritor y pintor Jan Cremer.. Fotografía tomada del, VVAA, (2014). *Collecttion*, [en línea]. Amsterdam: RIJKS MUSEUM. [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<https://www.rijksmuseum.nl/en/explore-the-collection/timeline-dutch-history/emancipation---youth-culture>>

Figura III-27 y 28Detalles del grosor y de la instalación de los paneles.Fotografía tomada de: VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.vastgoedwereld.nl/jan-cremer-in-3d-in-enschede>/<http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>

Figura III-29Imagen original. Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.reckli.net/>. <http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>

Figura III-30 Molde elastómero. Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014]. <<http://www.reckli.net/>. <http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>

Figura III-31 Resultado del hormigón fotograbado. Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>. <http://www.reckli.net/foto-gravur-matrizen.html?&L=10>>

Figura III-32 a 35 texturas de madera. . Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>>

Figura III-36 y 37 texturas abstracciones orgánicas. . Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>>

Figura III-38 a 39 texturas lineares. . Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>>

Figura III-40 a 42 texturas poligonales. . Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>>

Figura III-43 Textura orgánica en forma de piel.

Figura III-44 textura geométrica. . Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>>

Figura III-44 textura geométrica. . Fotografía tomada del catálogo de la empresa texturas para el hormigón Reckli. VVAA. (2014). *Catálogo de productos*. [en línea] Herne. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.reckli.net/>>

Figura III-45 Celosía instalada en doble capa de realización prefabricada en hormigón blanco de la casa Villa Rocca, 2005, en módulos de 80x80x10 cm para la discoteca del DJ SvenVäth en Francfort. Foto tomada de VVAA. (2014). *DJ SvenVäth*. [en línea]. Berlín: Villa Rocca. [Fecha de consulta 10/03/2014].<<http://www.betonmoebel-villarocca.de/>>

Figura III-46 y 47 Celosías de hormigón blanco prefabricadas de la casa Villa Rocca, 2005, en módulos de 80x80x10 cm, para la discoteca del DJ SvenVäth en Francfort. Fotos tomadas del Libro FISCHER, Joachim. (2009). *Hormigón*. Reino Unido: H.F. Ullmann, páginas 256 y 257.

Figura III- 48 Paneles de Hormigón pigmentado. Fotos tomadas del Libro FISCHER, Joachim. (2009). *Hormigón*. Reino Unido: H.F. Ullmann, página 265.

Figura III-49 a 51 Texturas esmalte transparente y pintura mineral, aserrado y picado. Texturas extraídas del libro VV AA. (2006). *Hormigón*. Múnich: Ed Detail, Página 89.

Figura III-52 Textura de hormigón con paño de puntilla del arquitecto japonés Kochi. Fotos tomadas del Libro FISCHER, Joachim. (2009). *Hormigón*. Reino Unido: H.F. Ullmann, página 140.

Figura III-53 y 54Tadao Ando 1993 superficie de hormigón visto con hojas incorporadas en el encofrado. Texturas extraídas del libro VV AA. (2006)*Hormigón*. Múnich: Ed Detail, página 81.

Figura III- Impresión sobre hoja de marquesa.

Figura III-55 Textura de hormigón con conchas marinas. Fotografía tomada de VVAA. (2013). *Homigón con conchas marinas* [en línea]. Londres: MUF. [fecha de consulta 16/03/2014].<www.muf.co.uk>

Figura III-56 Vistas interiores de la apertura cenital y salida de la Capilla de Hermano Klaus, por Peter Zumthor, 2007, 1200x600x500 cm, hormigón armado pigmentado con encofrado quemado después del fraguado. Wachendorf, Colonia, Alemania. Fotografías tomadas de VVAA.(2006) .*Obra de Peter Zumthor*. [en línea]. México: Plataforma arquitectura [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/13/obra-de-peter-zumthor/>>

Figura III-57Detalle de la textura dejada en el hormigón de la Capilla de Hermano Klaus, por Peter Zumthor, 2007, 1200x600x500 cm, hormigón armado pigmentado con encofrado quemado después del fraguado. Wachendorf, Colonia, Alemania. Fotografías tomadas de VVAA. (2006) .*Obra de Peter Zumthor*. [en línea]. México: Plataforma arquitectura [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/13/obra-de-peter-zumthor/>>

Figura III-58 y 59 Texturas obtenidas por la artista extremeña Raquel Lara en su proyecto S- Hormigón, 2010, para la beca Zurbarán mediante la utilización de maderas y pieles unidas al encofrado. Fotografías tomadas de VVAA, (2008) *Raquel Lara. Arte Actual Extremadura*. [en línea]. Mérida: Arte Actual Extremadura. [Fecha de consulta 16/09/2014].<<http://arteactualextremadura.blogspot.com.es/2010/12/raquel-lara-no-me-parece-que-el-arte.html>>

Figura III-60 Muros avellanados mediante con orden preciso mediante perforación del encofrado por parte de brazos robóticos guiados por ordenador, Gramazio y Kohler,2006, 160x300x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. . [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-61 y 62Detalle de ambas texturas en distinto ritmo de taladro.Gramazio y Kohler, 2006, 160x300x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. . [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-63, 64 y 65Imagen del encofrado en su fase de hormigonado con los tubos que traspasan el encofrado con la inclinación que les ha marcado el taladro del robot.Gramazio y Kohler,2006, 160x300x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-66 a 69Muros y Rosetón barrenado robóticamente y brazo robótico barrenando el rosetón Gramazio y Kohler, 2007, 100x200x10 cm y 100x100x10cm, hormigón. ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-70 y 72 Panel de hormigón realizado por molde en negativo de arena realizado por brazo robótico Gramazio y Kohler, 2011, 200x100x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-73 Brazo robótico realizando distintas texturas. Gramazio y Kohler, 2011, 200x100x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-74 Textura extraída mediante acumulación de pequeños montones de arena vertida por brazo robótico. Gramazio y Kohler, 2011, 200x100x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-75 y 76 Proceso de realización de relieve modelado en negativo sobre arena, mediante brazo robótico Gramazio y Kohler, 2011, 200x100x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-77 a 80 Detalles de distintos diseños de relieves y dibujo esquemático preparatorio de la información que se le envía a el brazo robótico, Gramazio y Kohler, 2011, 200x100x10 cm, hormigón, ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-80 y 81 Texturas realizadas en modelado en negativo sobre brazo robótico, robótico Gramazio y Kohler, 2012, 200x100x10 cm, hormigón, realizadas en un seminario organizado en Barcelona para estudiantes del IAAC por ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-82 a 85 Texturas realizadas en modelado en negativo sobre brazo robótico, robótico Gramazio y Kohler, 2012, 200x100x10 cm, hormigón, realizadas en un seminario organizado en Barcelona para estudiantes del IAAC por ETH Escuela de Arquitectura de Zúrich. Fotografías tomadas de GRAMAZIO, KOHLER. (2006). *Gramazio y Kohler*. [en línea]. Zúrich: ETH [Fecha de consulta 16/03/2014]. <<http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/84.html>>

Figura III-86 Muro al exterior de una calle con bloques Litracon fotografía tomada desde el interior, módulos de litracomde . Fotografías tomadas de la página de VVAA. (2012).

Litracon. [en línea]. Hungría: LITRACON [Fecha de consulta 10/03/2013]. <<http://www.litracon.hu/index.php>>

Figura III-87 y 89 Tres ejemplos de las posibilidades que pueden realizarse en este material. Fotografías tomadas de la página de VVAA. (2012). *Litracon*. [en línea]. Hungría: LITRACON [Fecha de consulta 10/03/2013]. <<http://www.litracon.hu/index.php>>

Figura III-99 a 93 “Puerta de Europa”, Aron Losonczy y Orsolya Vadász, 2005, 400x150x100 cm, hormigón armado, litracom y luminaria, Komarón, Hungría. Fotografías tomadas de la página VVAA. (2012). *Litracon*. [en línea]. Hungría: LITRACON [Fecha de consulta 10/03/2013]. <<http://www.litracon.hu/index.php>>

Figura III-94 y 95 “Iberville Parish Veterans Memorial”, Grace & Hebert Architects, 2008, 400x1000x600 cm, Hormigón Litracom, bronce, vidrio, agua y luminaria. Baton Rouge, Louisiana, EEUU. Fotografías tomadas de la página de VVAA. (2012). *Litracon*. [en línea]. Hungría: LITRACON [Fecha de consulta 10/03/2013]. <<http://www.litracon.hu/index.php>>

Figura III-96 y 97 Detalle nocturno de “Iberville Parish Veterans Memorial”, Grace & Hebert Architects, 2008, 400x1000x600 cm, Hormigón Litracom, bronce, vidrio, agua y luminaria. Baton Rouge, Louisiana, EEUU. Fotografías tomadas de la página de VVAA. (2012). *Litracon*. [en línea]. Hungría: LITRACON [Fecha de consulta 10/03/2013]. <<http://www.litracon.hu/index.php>>

Figura III-98 “Concrete Furniture”, Simon Busse, 2005, 45x60x20 cm, 70x40x40 cm, 30x60x30 cm, hormigón reforzado con fibra. Fotografía tomada de: MEISE, Daniel. 2013. Viena. 16/04/2014. <http://www.dmeise.com/>

Figura III-99 “Coffetable” Daniel Meise, 40x120x105 cm, 25 kg hormigón con fibra de vidrio, Viena. Fotografía tomada de: MEISE, Daniel. 2013. Viena. 16/04/2014. <http://www.dmeise.com/>

Figura III-100 “Bridge” Daniel Meise, 40x120x60 cm, 25 kg, hormigón con fibra de vidrio, Viena. Fotografía tomada de: MEISE, Daniel. (2013). *Daniel Meise* [en línea] Vienna: Daniel Meise. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.dmeise.com/>>

Figura III-101 “together” de Daniel Meise. 40/48x130x110 cm, 25 kg, hormigón con fibra de vidrio, Viena. Fotografía tomada de: MEISE, Daniel. (2013). *Daniel Meise* [en línea] Viena: Daniel Meise. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.dmeise.com/>>

Figura III-102 a 104 “Concrete-pod” Pieza de Kazuya Morita, 2005, 170x150x150 cm grosor de 15 mm, hormigón con fibra de vidrio y paja, Aichi Japón. Fotos tomadas del libro FISCHER, Joachim. (2009). *Hormigón*. Reino Unido: H.F. Ullmann, páginas 178 y 179 y de la web del arquitecto MORITA. (2013). *Morita*. [en línea]. Kyoto: Morita. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://morita-arch.com/>>

Figura III-105 a 107Detalle de la pieza y foto de la ejecución de yesaire japonés impregnando la pasta sobre el molde de poliestireno expandido con los huecos de las aberturas ya enmarcadas y del molde de poliestireno expandido. *Concrete-pod* Pieza de Kazuya Morita, 2005, 170x150x150 cm grosor de 15 mm, hormigón con fibra de vidrio y paja, Aichi Japón. Fotos tomadas de la web del arquitecto. MORITA. (2013). *Morita*. [en línea]. Kyoto: Morita. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://morita-arch.com/>>

Figura III-108 a 110Distintos sistemas de hormigón textil, monocapas y multicapas. Fotos tomadas de VV AA 2006 *hormigón*, Múnich: ed Detail, página 33 y Hormigón textil sistema Betoshell. VVAA. (2013). *Betoshell*. [en línea]. Burbach: Hering. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.heringinternational.com/es/hormigon/betoshell-4407.htm>>

Figura III-111Hoja gigante realizada con el sistema Betoshell 2x600x200cm, hormigón con textil, Alemania. Fotografía tomada de Hormigón textil sistema Betoshell. . VVAA. (2013). *Betoshell*. [en línea]. Burbach: Hering. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.heringinternational.com/es/hormigon/betoshell-4407.htm>>

Figura III-112 Detalle de manta de hormigón de sistema concrete canvas. Fotos tomadas de: Concrete Canvas Ltd. 2013. *Concrete canvas*. Pontypridd, 16/03/2014. www.concretcanvas.co.uk.

Figura III-113 y 114 1 Se instala la forma que se quiere reproducir. En este caso se realiza con una forma hinchable y 2 se coloca sobre ella. . Fotos tomadas de VVAA. (2012). *Concrete canvas* [en línea] Pontypridd: Concrete canvas. [Fecha de consulta 15/03/2014] <www.concretcanvas.co.uk>

Figura III-115 y 116 3 Se hidrata y 4 Fragua y ya tenemos la forma deseada se retira el molde interior. . Fotos tomadas de VVAA. (2012). *Concrete canvas* [en línea] Pontypridd: Concrete canvas. [Fecha de consulta 15/03/2014] <www.concretcanvas.co.uk>

Figura III-117Detalles del proyecto betonvorhang de Memux, 2005, Viena. Fotos extraídas de la página web de: VVAA. (2014). *Betonvorhang*. [en línea]. Viena: MEMUX. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.memux.com/?p=94>>

Figura III-118 y 119Detalles del proyecto betonvorhang de Memux, 2005, Viena. Fotos extraídas de la página web de: VVAA. (2014). *Betonvorhang*. [en línea]. Viena: MEMUX. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.memux.com/?p=94>>

Figura III-120Detalles del proyecto betonvorhang de Memux, 2005, Viena. Fotos extraídas de la página web de: VVAA. (2014). *Betonvorhang*. [en línea]. Viena: MEMUX. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.memux.com/?p=94>>

Figura III-121 y 122 Ejercicios realizados en la universidad Pontificia Católica de Valparaíso en Chile en los talleres *Here and There* tutelados por Mark West y Ronnie Araya sobre con texturas de moldes flexibles. Fotos tomadas de la VVAA. (2010). *Taller here and here Universidad de Manitoba*. [en línea]. Valparaíso: EAD, PUCV [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.ead.pucv.cl/2010/taller-here-and-here-universidad-de-manitoba/>>

Figura III-123 a 127 Proceso de realización de piezas de doble curvatura, en el en el CAST (The Centre of Architectural Structures and Technology) de la Universidad de Manitoba. Fotos de tomadas de. RONNIE, Araya. (2013). *Ronnie Araya*. [en línea]Valparaíso: Plataforma arquitectura [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.plataformaarquitectura.cl>>

Figura III-128 a 133Detalles de la serie de piezas Fotos tomadas ZUCKER, Ofir, (2011). *Fossils*. [en línea] Israel: Ofir Zucker[Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.ofirz.com/>>

Figura III-134 y 135Detalles de la serie de piezas “Fossils” por Zucker, 2011, Israel ZUCKER, Israel. 2011, *Fossils*, de la web ZUCKER, Ofir, (2011). *Fossils*. [en línea] Israel: Ofir Zucker[Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.ofirz.com/>>

Figura III-136 Conjunto de piezas “Fossils” del artista OfirZucker, 2011, Israel. ZUCKER, Israel. 2011, *Fossils*, de la web ZUCKER, Ofir, (2011). *Fossils*. [en línea] Israel: Ofir Zucker[Fecha de consulta 25/09/2014]. <<http://www.ofirz.com/>>

Figura III-137 Walter Jack 2011 *crushedwall* por, 300x4000x80 cm, hormigón.Fotografía tomada de Desingboom. JACK Walter (2012), *Crusehedwall* .[en línea] UK: Jack Walter [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.walterjack.co.uk>

Figura III-138Detalle de *crushedwall* por Walter Jack 2011, 300x4000x80 cm, hormigón. Fotografía tomada de Desingboom. JACK Walter (2012), *Crusehedwall* .[en línea] UK: Jack Walter [Fecha de consulta 22/07/2014]. <www.walterjack.co.uk>

Figura III-139Vista de la lámina original de *crushedwall* por Walter Jack 2011, 300x4000x80 cm, hormigón. Fotografía tomada de. JACK Walter.(2012). *Jack, Walter . Unique gateway size and scale revealed*. [en línea]. UK:HEARTLANDNS [Fecha de consulta 22/07/2014].<<http://www.heartlandscornwall.com/blog/creative-projects/unique-gateway-size-and-scale-revealed.php>>

Figura III-140 y 141Detalles de la realización del plegado y el refuerzo de poliuretano de *Crushedwall* por Walter Jack 2011, 300x4000x80 cm, hormigón. Fotos tomadas de VVAA(2012).*Jack, Walter* . Madrid: Vaumm. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://vaumm.blogspot.com.es/search/label/obra>>

Figura III-142 vista del MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaries Taylor. Fotos tomadas de la página web del artista. DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,México: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-143Detalle de una de las piezas de gran volumen en ella se pueden resguardar los peces por hendiduras en los laterales de depredadores como la barracuda que se aprecia en la imagen, MUSA (Museo Subacuático de Arte)2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaries Taylor. Fotos tomadas de la página web del artista. DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,México: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-144 y 145 Detalles del grupo y de figuras del museo. MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaries Taylor. Fotos tomadas de la página web del artista. DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,México: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-146 y 147 Detalles del grupo y de figuras del museo. MUSA (Museo Subacuático de Arte) 2008, esculturas en hormigón del escultor Jason deCaries Taylor. Fotos tomadas de la página web del artista. DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,México: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-148 a 153 Vistas de los modelos, la figura en hormigón al inicio de la instalación y la figura una vez invadida por las algas. Fotos tomadas de la página web del artista DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,Mexico: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-154 y 155 Foto del artista británico Jason deCaries Taylor en su estudio de Puerto Morelo antes de sumergir las figuras en Cancún en las que invirtió tres meses para la realización de cuatrocientos personajes. Foto tomada de http://www.tabascohooy.com/noticia.php?id_nota=203990 y DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,Mexico: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-156 y 157 Piezas incorporadas al MUSA realizadas en 2010 con la intencionalidad del crecimiento en ellas de cierto tipo de especies determinadas realizadas en hormigón a escala natural. Cancún, México. Fotos tomadas de la página web del artista DECARIES, Jason (2012). *Cancún*. [en línea] ,Mexico: deCaries. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.underwatersculpture.com/>>

Figura III-158 Detalle de como las bacterias rellenan los huecos de caliza cuando el material pierde la estanqueidad. Foto tomada de VVAA. (2012). *Concreto con Bacterias*. [en línea]. Londres : BBC. [Fecha de consulta 13/04/2014].<http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/10/121030_tecnologia_reparable_aa.shtml>

Figura III-159 “L’arbre de Pablo” Marie Françoise Rouy 2005, diámetro 75cm, hormigón con impresión argéntica y pigmentos. Foto tomada de ROUY, Marie-Françoise, (2006). *Impresión en argéntica*. [en línea] Francia: Rouy. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.mf-rouy.com/gb.html#GallerieGal-In>>

Figura III-160 “Le Sommeil”, Marie Françoise Rouy, 2005, diámetro 90cm, hormigón con impresión argéntica y pigmentos, Foto tomada de ROUY, Marie-Françoise, (2006). *Impresión en argéntica*. [en línea] Francia: Rouy. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.mf-rouy.com/gb.html#GallerieGal-In>>

Figura III-161 Detalle del edificio “ ZAC “ d'Alesia-Montsouris - Paris (75) fotografía de. Foto tomada de MAMBERTI, Thierry (2014), *Purificador fotovoltaico* [en línea] Holcim: CIMBETON[Fecha de consulta 16/03/2014].<<http://www.monbeaubeton.com/matiere/autonettoyant-d%C3%A9polluant>>

Figura III-162 Esquema de funcionamiento del “TX active” del Grupo Italcementi FYM. Esquema tomado de JURADO Hornero, Rafael. (2008). *Cementos especiales*. [en línea]. Italia. [FYM Fecha de consulta 17/05/2014]. PDF, página 5. <<http://www.fym.es/NR/rdonlyres/52D86060-8DDD-4E1F-A8E9-6864AD7EABDE/0/...>>

Figura III-163 y 164 Texturas ofrecidas por el hormigón con madera, pulido. Fotografías tomadas de los estudios de investigación del grupo MEMUX VVAA. (2014). *Betonvorhang*. [en línea]. Viena: MEMUX. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.memux.com/?p=94> >

Figuras del capítulo IV

Figura IV.1 Mapa de la Ruta de la Amistad con el desglose de cada una de las piezas que se realizaron, autor y localización. Imagen tonada de VVAA.(2011). *Rodando x La Amistad 31 de mayo*. [en línea], Ciudad de México: Paisaje social [Fecha de consulta 18/03/2014]<<http://paisajesocial.org/2011/05/30/amistad-3/>>

Figura IV.2 *Señal*, 1961, 2200x1000x1000 cm. Hormigón armado con encofrado de taba y tablero plegado. Le Havre, Francia. Fotografía tomada de ADAM, Henri., 2003. *Adam, Henri Georges*, [en línea]. París: Findartinfo. [Fecha de consulta 19/03/2014].<<http://www.findartinfo.com/default.asp>>

Figura IV.3 y 4 e Henri Georges Adam *Señal*, 1961. Detalles del estado actual de la pieza y en el momento de su rehabilitación.

Figura IV.5 y 6 Detalle de *Señal*, 1961, 2200x1000x1000 cm. Hormigón armado con encofrado de taba y tablero plegado. Le Havre, Francia. En las fotografías podemos observar al artista repasando la obra y el momento de ejecución de la escultura en la colocación del mallazo interior de acero sobre el encofrado de tableros plegados. Fotografías tomadas de BAC, Jury (2012). *l'oeil d'Adam*. [en línea]. París: Acasculpture. [Fecha de consulta 04/03/2015]. <<http://acasculpture.blogspot.com.es/2012/05/loeil-dadam.html>>

Figura IV.7 Escultura del escultor asturiano Fernando Alba, 1974, realizada en hormigón armado, 785x465x250 cm, situada en el punto kilométrico 207.6 de la autopista AP-7 sur. Fotografía tomada de ALBA, Fernando. (2011). *Fernando Alba*. [en línea]. Oviedo: Fundación Abertis. [Fecha de consulta 04/03/2015]. <http://www.fundacioabertis.org/es/actividades/popup/pop_km207.htm>

Figura IV.8 *Albatros*, 1986, 350x800x800 cm, Hormigón armado blanco, Wellintong, Nueva Zelanda. Fotografía tomada de Wellintong Sculpture trust. Fotógrafo COOTE, Mark (2011) *Albatros*. [en línea]. Wellintong : [sculpture.org.nz](http://www.sculpture.org.nz) [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://www.sculpture.org.nz/engine/SID/10007/AID/1048.htm>>

Figura IV.9 y 10 Detalles de la escultura *Albatros*, 1986, Hormigón armado blanco, Wellintong, Nueva Zelanda. Fotografía tomada de Wellintong Sculpture trust. COOTE, Mark (2011) *Albatros*. [en línea]. Wellintong : . sculpture.org.nz [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://www.sculpture.org.nz/engine/SID/10007/AID/1048.htm>>

Figura IV.11 y 12 Mural bajo relieve en Santiago de Chile 1981. 600x1600 cm. Realizado en hormigón por en módulos de uno por dos metros en técnica de negativo directo sobre poliestireno expandido. Fotografía tomada de JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'Art contemporain*, Neuchâtel: Griffon Vol II, página 124.

Figura IV.13 a 16 Cuatro detalles de las texturas conseguidas por Federico Assler con la técnica de modelado en negativo en poliestireno expandido. Fotografía tomada JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol II, página 115.

Figura IV.17 *Impulso vital III*. 1986.100x180x40 cm. Escultura en hormigón con técnica mixta con texturas textiles y vaciado en negativo en poliestireno expandido, Lebensdrang. Fotografía tomada de JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol2, página 190.

Figura IV.18 y 19 Escultura *Muro Articulado* 1968, 1650x550x200 cm, realizada en hormigón armado pintado, para la Ruta de la amistad en México. Fotografías tomadas de BAYER, Herbert. (2011). *Examiner, Articulated Wall* [en línea]. EEUU: examine. [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://www.examiner.com/slideshow/articulated-wall-by-herbert-bayer#slide=7614396>>

Figura IV.20 y 21. Fotografía con el equipo de natación de Estados Unidos en las olimpiadas de México 1968. Y fotografía del estado de la misma antes de la restauración. . Fotografía tomada de Círculo Cuadrado. BETANZOS, Marcos. (2013). *Reproches del Silencio*. [en línea], México DC:Podiomx, [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://www.podiomx.com/2012/01/por-marcos-betanzos-ahora-volvemos.html>> . Fotografía tomada de VVAA.(2012). *Ruta de la Amistad*. [en línea], New York:WMF [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/ruta-de-la-amistad>>

Figura IV.22 y 23. Burri, *Gran Cretto*”, 1985-1989, 80000 metros cuadrados con una altura de módulos de 160cm, hormigón antigua población de Gibellina. Vista superior y detalle de una de las calles. Fotografías tomadas de BURRI Alberto (2011). *Alberto Burri*, [en línea]. EEUU: Wordpress.[Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://375gr.files.wordpress.com/2008/07/lava21.jpg>>

Figura IV.24. Detalles de Burri *Gran Cretto*”, 1985-1989, 80000 metros cuadrados con una altura de módulos de 160cm, hormigón antigua población de Gibellina. Fotografía tomada de COBO, Alberto.(2009).*algunas referencias...BURRI y Eisenman*, [en línea]. Madrid: ETSAM [Fecha de consulta 19/03/2014].<<http://gutierrezcabrero.dpa-etsam.com/2009/09/23/algunas-referencias/>>

Figura IV.25 Detalles de Burri, *Gran Cretto*”, 1985-1989, 80000 metros cuadrados con una altura de módulos de 160cm, hormigón antigua población de Gibellina. . Fotografías tomadas de BURRI Alberto (2011). *Alberto Burri*. [en línea]. EEUU Wordpress.[Fecha de consulta 19/03/2014] <<http://375gr.files.wordpress.com/2008/07/lava21.jpg>>

Figura IV.26 a 29. Joop Beijon *Tertulia de Gigantes*”, 1968, 1200x2000x2000 cm en hormigón armado pintado para la Ruta de la amistad de la ciudad de México, estado actual de la pieza y en su estado original se han cambiado sustancialmente los colores en la restauración. Fotografía tomada.. LAZARO, Carlos. (2012). *Ruta de la Amistad – Puentes versus Patrimonio – Carlos Lázaro*. [en línea]. México: Vive de Viage . [Fecha de consulta 19/03/2014]. <<http://vivedeviaje.com.mx/2012/06/la-ruta-de-la-amistad-puentes-versus-patrimonio-carlos-lazaro/>>

Figura IV.30 y 31. Vista frontal y lateral de Joop Beijon “*Kunstwerk Rijkswaterstaat*” (1969), 2000x1500x1500 cm, realizada en hormigón armado tintado se aprecia en la textura lineal del encofrado los huecos dejados por los tirantes, situada en La Haya. Fotografías de esta pieza tomadas de BEIJON, Joop. (2012). *Joop Beijon* . [en línea]. EEUU: Wikipedia. [Fecha de consulta 19/03/2014]. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Joop_Beijon>

Figura IV.32 Beljon *Fuente para la Plaza de Mairie*”, 1972, 300x1200x1000 cm, realizada en Hormigón armado en Tilburg, escultura con influencia constructivista. Fotografías de esta pieza tomadas de BEIJON, Joop. (2012). *Joop Beijon* . [en línea]. EEUU;Wikipedia. [Fecha de consulta 19/03/2014]. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Joop_Beljon>

Figura IV.33 y 34, CANNON, *Drapedbust* 2013, 132x91x60 cm, Hormigón armado, sustrato vegetal y plantas. CANNON, *Female Amorded Torso* 2013, 132x91x58 cm, Hormigón armado, sustrato vegetal y plantas. Fotografías tomadas de Eco1start, CARDENILLO (2013), *Robert Cannon* . [en línea] EEUU: Eco1start. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://eco1start.com>>

Figura IV.35 CANNON *Swell* 2013, 101x81x60 cm, Hormigón armado, sustrato vegetal y plantas. Fotografías tomadas de Eco1start, CARDENILLO (2013), *Robert Cannon* . [en línea] EEUU: Eco1start. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://eco1start.com>>

Figura IV.36 a 37 Carcells *Uralitas* 1898.1978, 1903.1978, 1930.182 y 1902.1978. Medidas 105x58x28 cm, 73x57x37 cm, 74x57x37 cm y 73x57x35 cm, realizadas en fibra de amianto y cemento Portland, colecciones particulares de Barcelona y Valencia. Fotografías tomadas del catálogo de la exposición CARDELLS. (1990). *Cardells; Dibujos, Uralitas, Riñas*. Valencia: IVAM. Páginas 73, 77, 78 y 93.

Figura IV.38 .Castagna *Muro* 1983-1984, 360x1350x335 cm. hormigón armado y acero corten, Costermano Italia. Fotografía tomada de VVAA (2013), *Pino Castagna*. [en línea]. Italia:BERENGO Studio. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <http://www.berengo.com/?visibile_cont=&id_pagina=84&id_pagina_2=96&id_pagina_3=123&Lang=_2&artists-Artists-Pino-Castagna.html>

Figura IV.39 y 40 Castagna, *Foresta di Birnam*, 1990, 280x570x470, Hierro y Hormigón en su ubicación en el castillo de Pergine Italia. Fotografía tomada de BUTURINI, Franchesco, (2001). *Le archisculture di Pino Castagna*. [en línea]. Pavoda: Messaggero San Antonio. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <http://www.messaggerosantantonio.it/messaggero/pagina_articolo.asp?IDX=741IDRX=67>

Figura IV.41 Castagna, *Monades*, 1997 385x549x386 cm, hormigón armado y acero corten, Savoie, Francia. Fotografía tomada de, MOA 73, (2013), *Pino Castagna*. [en línea]. Savoie: Geocaching. [Fecha de consulta 20/05/2014].

<http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=d3f3a012-b3d5-434e-aef8-4b9f6615f8d9>

Figura IV.42 y 43 Ceschia *Esferas*, del escultor Luciano Ceschia 1974 y 1980 de 450 cm de diámetro y 300 cm de diámetro, realizadas para Maribor Slovenia y para el Palacio de Congresos de Grado. Fotografías tomadas de CESHIA, Luniano (2014). *Opere plein aire*. [en línea] Tarcento: Ceschia [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.lucianoceschia.it>>

Figura IV.44 y 45. Ceschia *Esferas* en 1988 ambas con 200cm de diámetro, realizadas con hormigón para Telecom Unide. Fotografías tomadas CESHIA, Luniano (2014). *Opere plein aire*. [en línea] Tarcento: Ceschia [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.lucianoceschia.it>>

Figura IV.46. Ceschia *Disco*, 1976, escultura realizada en hormigón de 400 cm de diámetro para el municipio de Lignano, Italia. Fotografías tomadas de CESHIA, Luniano (2014). *Opere plein aire*. [en línea] Tarcento: Ceschia [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.lucianoceschia.it>>

Figura IV.47. Ceschia *Monumento a la resistencia*, 1975, 600x2000x1000 cm realizada en hormigón armado para Cividale de Friuli, Italia. Fotografías tomadas de CESHIA, Luniano (2014). *Opere plein aire*. [en línea] Tarcento: Ceschia [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.lucianoceschia.it>>

Figura IV.48 Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974, 260x510x290 cm, hormigón armado con encofrado de listones, situado en la Calle Castelló frente a la Fundación March, Madrid.

Figura IV.49 y 50. *Las tres Gracias* 1968, 1200x500x300 cm escultura en hormigón armado pintado, Ciudad de México, actualmente desplazada por las obras de un nuevo vial en dicha calle. Fotografía tomada de MEZCAL, (2012). *Las tres Gracias*. [en línea] Ciudad de México: Flickr [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.flickr.com/photos/mezcal/3546404545/>> y SANTIAGO (2001). *Las tres gracias*. [en línea]. Habana: Ecured. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:Las_tres_gracias.jpg>

Figura IV.51 y 52. Coppinjer *Beeston Seat*, 1987, 140x200x600 cm, hormigón, situada en Beeston High Road, Beeston, Nottingham Shire. Fotografías tomadas de COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban Coppinger*. [en línea] UK: Sioban Coppinger [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

Figura IV.53 y 54. Sioban Coppinger realizando una de sus esculturas mediante modelado directo y escultura “Hombre y oveja” durante su proceso de ejecución. Fotografías tomadas de COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban Coppinger*. [en línea] UK: Sioban Coppinger [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

Figura IV.55. Coppinjer *Hitch and his pet* 1984, 140x200x150 cm, hormigón armado. Colección particular. Fotografías tomadas de COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban*

Coppinger.[en línea] UK:Sioban Coppinger [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

Figura IV.56 y 57. Fotografías del proceso de ejecución de la escultura “Hombre y oveja”
Fotografías tomadas de COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban Coppinger* .[en línea]
UK:Sioban Coppinger [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

Figura IV.58 y 59.Coppinjer*Man & Ewe on park bench*, 1982, 140x300x120 cm, hormigón
armado, situado en Rufford Country Park, Nottinghamshire. ” Fotografías tomadas de
COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban Coppinger* .[en línea] UK:Sioban Coppinger [Fecha de
consulta 20/05/2014]. <<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

Figura IV.60 y 61. Detalles de Coppinjer*Man & Ewe on park bench*”, 1982, 140x300x120 cm,
hormigón armado, situado en Rufford Country Park, Nottinghamshire. ” Fotografías tomadas
de COPPINJERC, Sioban. (2012), *Sioban Coppinger* . [en línea] UK:Sioban Coppinger
[Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.siobancoppinger.co.uk/>>

Figura IV.62 *Puerta de la Paz* 1968,750x750x500 cm, Hormigón armado pintado. Una de las
esculturas de la autopista de la amistad para la conmemoración de los juegos olímpicos de
México. Fotografía tomada de VVAA. (2012)[en línea]. *Puerta de la Paz*Ciudad de México:
Chimalhuacal escultures. [Fecha de consulta 20/05/2014].
<http://chimalhuacalculptures.blogspot.com.es/2012_08_01_archive.html>

Figura IV.63 y 64. Danziger*Serpentina*, 1975, hormigón armado, 1200x500x500 cm, Tel Aviv,
detalle de la escultura en la actualidad, y detalle de la escultura utilizada en sello israelí.
Fotografía tomada de TALMOR, Yair. (2010). *Danziger_Akalton* [en línea]. Israel: Wikipedia
Commons, [Fecha de consulta 20/05/2014].
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Danziger_Akalton_003.jpg>.Fotografía tomada de,
Sellos, (2012) *Danziger*. [en línea]. Israel: Tapuz, [Fecha de consulta01/04/2012].
<<http://www.tapuz.co.il/blog/net/viewentry.aspx?entryId=1171565>>

Figura IV.65. Danziger*Serpentina*, 1975, 1200x500x500 cm, escultura en hormigón armado,
Tel Aviv, vista del total. Fotografía tomada de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art
contemporan*.Neuchâtel: Griffon. Vol 1. Página 109.

Figura IV.66. Duarte *Talking Fligt*, 1976, 900x 400x400 cm realizada en hormigón armado.
Puerto deportivo de Pully, Suiza. Fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le
Béton dans l'art contemporan*.Neuchâtel: Griffon. Vol 1. Página 190.

Figura IV.67 a 69. Dubon *Estación 18* ,1968 la Ruta de la amistad en México, por Jorge
Dubon en hormigón armado pintado, fotografías de su estado original y actual variando
sustancialmente los colores originales y sufriendo desconchamientos de la pintura aplicada.
Fotografía tomada de DUBON, Jorge, (2012). *Esculturas*. [en línea]. México: Jorge Dubon. [
Fecha de consulta 01/04/2012]. <<http://www.jorgedubon.org/>>, Fotografía tomada de
VVAA.(2012). *México68, Ruta de la Amistad*, [en línea]. México: México 68.[Fecha de
consulta 01/04/2012]. <<http://www.mexico68.org/ruta/estacion18.html>>

Figura IV.70 y 71. Dzmonja, *Monumento a la Revolución*, 1972, 3000x4000x4000 cms, hormigón y acero inoxidable, Kozara Bosnia. Fotografías en su estado original y reciente de la escultura. Fotografía tomada de KEMPENAERS, Jan (2012) *Monumentos abandonados de la Unión Soviética*, [en línea]. Los Ángeles: Buzzfeed, [Fecha de consulta 01/04/2013]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Fotografía tomada de la pag web del escultor. DZMONJA, Dusan , (2012). *Dusan Dzmonja*, .[en línea] Zagreb: Dusan Dzmonja [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.dusan-dzamonja.com/the_sculptor/dus_mon_kozara.htm>

Figura IV.72 Dzmonja, *Monumento a la Revolución*, 1972, 3000x4000x4000 cms, hormigón y acero inoxidable, Kozara Bosnia. Fotografía tomada de VVAA. (2011) *L'arte di Dusan Dzamonja*, [en línea]. Zagreb: balcanicaucaso.org [Fecha de consulta 01/04/2013]. <<http://www.balcanicaucaso.org/Dossier/Dossier/L-arte-di-Dusan-Dzamonja-I>>

Figura IV.73. Dzmonja, *Monumento a la Revolución en Misoslavina*”, 1967, Podgaric, Croacia. Hormigón armado y aluminio 2000x3500x700 cm. Realizado mediante encofrados de tabloncillos de madera. Fotografía tomada de VVAA. (2010) *Dzmonja, Monumento a la Revolución en Misoslavina* [en línea]. Podgaric: Igoyugo,, [Fecha de consulta 01/04/2013]. <<http://igoyugo.tumblr.com/post/16303348403/podgatic>>

Figura IV.74. Dzmonja, *Memorial osario de los muertos caídos en combate durante la primera y segunda guerra mundial*, 1970, en Barleta, Italia. 1100x2000x7000 metros. Se aprecia textura exterior realizada al chorro de arena. Fotografía tomada de DZMONJA, Dusan, (2012). *Dusan Dzmonja*, .[en línea] Zagreb: Dusan Dzmonja. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.dusan-dzamonja.com/the_sculptor/dus_mon_kozara.htm>

Figura IV.75 y 76. Escobedo, *Puerta del viento*, 1968, 1105x500x150 cm, escultura de hormigón armado pintado de la escultora mejicana Helen Escobedo incluida en la Ruta de la Amistad para conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968, Ciudad de México, Fotografía en su estado actual. Fotografía tomada de VVAA. (2010). *Ruta de la amistad*. [en línea] EEUU: WMF. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/ruta-de-la-amistad>>

Figura IV.77 y 78. Escobedo, *Puerta del viento*, 1968, 1105x500x150 cm, escultura de hormigón armado pintado, fotografías de la escultura en su estado original y en la realización de la misma. Fotografía tomada de BETANZOS, Marcos. (2012). *ahora-volvemos*, [en línea] México: Podio México [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.podiumx.com/2012/01/por-marcos-betanzos-ahora-volvemos.html>> Fotografía tomada de NADEZH, (2010), *Helen-Escobedo- Escala Humana*, [en línea] México: nadezh.blogspot [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://nadezh.blogspot.com.es/2010/09/helen-escobedo-escala-humana.html>>

Figura IV.79 a 81 *Sculpture Courtyard 3* 1984, nueve piezas de (150x70x70 cm de dimensiones máximas) realizadas en Hormigón blanco armado, dispuestas en el patio de una escuela en Bochum. Fotografía tomada de FEKETE. (2010), *Fekete*, [en línea] París: ArtiBeau. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.artibeaude.com/1550.htm>>

Figura IV.82 y 83. *Skulpturland schafft* 1979 nueve piezas de (180x80x80 cm de dimensiones máximas) en hormigón armado, dispuesta en escuela de Duisburg. Fotografía tomada de FEKETE. (2010). *Fekete_Gabriella*, [en línea] . Duisurg: Kunsfofum. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.bbk-kunstforum.de/index.php/Fekete_Gabriella.html Fotografía tomada de FEKETE, Gabriela (2010). *Sculpture land scape* Fekete.G, .[en línea] París:Fekete. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.gabriella-fekete.de/en/sculpturelandscape.html> >

Figura IV.84. Fekete *Machines* 1974, 160x306x160cm. Hormigón armado blanco, Velbert. Fotografía tomada de FEKETE, Gabriela (2010). *Sculpture land scape* Fekete.G, .[en línea] París:Fekete. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.gabriella-fekete.de/en/sculpturelandscape.html> >

Figura IV.85 y 86. Fekete *Time line*, 1981. 50x2800x200 cm. Hormigón y acero, Duisburg. Fotografía tomada de FEKETE, Gabriela (2010). *Sculpture land scape* Fekete.G, .[en línea] París:Fekete. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.gabriella-fekete.de/en/sculpturelandscape.html> >

Figura IV.87. Figura 51, 1955, Barcelona. Hormigón, 36.5x11x12 cm Obsérvese las incisiones realizadas parecidas a las realizadas por Henry Moore. Procedencia actual colección particular en Madrid, la pieza está firmada y fechada como Ferrant 51 .datos procedentes del Libro LLORENTE, Ángel (1999). *Ángel Ferrant*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, páginas 99 y 320.

Figura IV.88 y 89. Ferrant, Ibera, 1951, Barcelona, Hormigón policromado, 31.5x20x10 cm. LLORENTE, Ángel (1999). *Ángel Ferrant*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Páginas 45 y 320.

Figura IV.90 a 91. *Torre de los Vientos* 1968. 1000x1000x600 cm realizado en hormigón armado de Gonzalo Fonseca para la Ruta de la Amistad en México. Fotografías del boceto y realización. Fotografías tomadas de FONSECA, (2013) *Torre de los vientos, entrevista a Gonzalo Fonseca*. [en línea] México DC: Torre de los vientos. [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://torredelosvientos.org/1996-Entrevista-Gonzalo-Fonseca>>

Figura IV.92 *Torre de los Vientos* 1968. 1000x1000x600 cm realizado en hormigón armado de Gonzalo Fonseca para la Ruta de la Amistad en México. Fotografía del estado actual, hoy en día se utiliza como centro cultural muy activo. Fotografía tomada de RAMES Jusell, (2013), *Cuando un edificio se vuelve Arte*, [en línea] México DC: Drilk, [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://drik.mx/01012012/arq.html>>

Figura IV.93. Fuentes del Olmo. *Mural en la Iglesia de los Salesianos*, 1973, 1000x3000x10 cm, realizado en hormigón mediante la técnica de modelado en negativo, Granada. Fotografía facilitada por Miguel Fuentes del Olmo.

Figura IV.94 Fuentes del Olmo. *Mural en el Hotel Don Miguel*, 1973, 500x5000x10 cm, Marbella, Málaga Detalle. Fotografía facilitada por Miguel Fuentes del Olmo.

Figura IV.95. Joaquín García Donaire *Figura sentada* 1965 de 52x 25x 34cm, Vaciado en hormigón, Museo Nacional centro de Arte Reina Sofía, Madrid. Fotografías tomadas de:
Figura IV.96. Joaquín García Donaire *Mujer Romana*. 1957 de 58x152x 55cm, Vaciado en hormigón, Primera Medalla de la Exposición Nacional de Bellas Artes de 1957. Museo Nacional centro de Arte Reina Sofía, Madrid. Fotografías tomadas de: VVAA. (2004), *García Donaire* [en línea] Madrid: Taller Prado [Fecha de consulta 20/05/2014].
<<http://www.garciadonaire.com/>>

Figura IV.97 y 98. Imágenes de Goeritz las *Torres Satélite* 1958 4500x3000x4000 cm realizada en hormigón junto con el arquitecto Luis Barragán tres de las torres están pintadas en color, realizadas en Ciudad Satélite México. Fotografía tomada de. VVAA (2014). *Mathias Goeritz*, [en línea] México: Wikipedia [Fecha de consulta 14/04/2014].
<http://es.wikipedia.org/wiki/Mathias_Goeritz> . Fotografía tomada de, MARTIN, Juan (2008), *Mathias Goeritz* [en línea]. México DC: Propuestas a favor del diseño. [Fecha de consulta 14/04/2014]. <<http://morfogenesis.wordpress.com/2008/10/28/propuestas-en-favor-del-diseno-en-mexico/>>

Figura IV.99 y 100. Goeritz *Animal de Pedernal*, 1951, hormigón armado, 120x380x70 cm, Ciudad de México. Serpiente cubicada en planos poliédricos. Fotografías tomadas de MARTIN, Juan (2008), *Mathias Goeritz* [en línea]. Mexico DC: Propuestas a favor del diseño. [Fecha de consulta 14/04/2014]. <<http://morfogenesis.wordpress.com/2008/10/28/propuestas-en-favor-del-diseno-en-mexico/>>

Figura IV.101 y 102. Goeritz *Osa Mayor* 1968, 1500x150x150 cm cada columna, “Ruta de la Amistad” Ciudad de México. Fotografía tomada de BETANZOS, Marcos. (2012). *ahora-volvemos*, [en línea] México: Podio México [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://www.podiomx.com/2012/01/por-marcos-betanzos-ahora-volvemos.html>>

Figura IV.103. *Plano de la Ruta de la Amistad* donde se localizaban las 19 estaciones en la actualidad se han trasladado gran parte de ellas por haber en por cambio de viales. Imagen tomada VVAA. (2009). *Plano de la Ruta de la Amistad* [en línea] México: Arte Ciencia y Cultura, [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://artecienciaycultura.wordpress.com/2009/11/16/96->>

Figura IV.104 y 105. *Pájaro amarillo*, 1957, 800x1200x600 cm, hormigón armado, pintado, realizado mediante encofrado construido con listones de madera. Guadalajara. Detalle de “Pájaro amarillo” Fotografías tomadas de CHIAPAS, Alarife, (2010), *Mathias Goeritz: El Pájaro Amarillo*, [en línea] México: Ciapas. [Fecha de consulta 17/05/2014].
<<http://hanskabsch.blogspot.com.es/2010/01/el-pajaro-amarillo-de-mathias-goeritz.html>>

Figura IV.106 y 107. Piramide de Mixcoac, 1970, 1320x1600x1600 cm México DF. Realizado mediante módulos de hormigón pintados en blanco fijados entre sí mediante pletinas metálicas soldadas a la armadura interna de los módulos Fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol I, página 173.

Figura IV.108 y 109. Complejo escultórico de varios artistas Insurgentes 3000 en el centro cultural universitario dentro de la Ciudad universitaria de la Ciudad de México realizado en 1977. Formación de un círculo mediante un conjunto de cuñas de 400x800x250 cm de

hormigón que rodea una zona decapada de sustrato vegetal dejando al aire el estrato volcánico. Fotografía tomada de VVAA.(2012), *Mathias Goeritz*. [en línea] .México DC:Obras web México, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.obrasweb.mx/arquitectos-mas-influyentes/2012/06/15/mathias-goeritz?n=8>>

Figura IV.110 y 111. Detalles del complejo escultórico, *Espacio Escultórico* una obra colectiva creada en 1978 por los escultores Helen Escobedo, Manuel Felguérez, Matías Goeritz, Hersúa, Sebastián y Federico Silva. Fotografías tomadas de VVAA.(2000).*Espacio Escultórico* [en línea] México:Sky Carper City [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=261827&langid=5>>

Figura IV.112. Dibujo realizado por Helen Escobedo, para la realización del *Espacio escultórico*. Fotografía tomada de SALAZAR, Jezreel.(2010).*Para diluir su ausencia: Helen Escobedo*. [en línea] México: Milenio[Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://jezsalazar.blogspot.com.es/2010/10/para-diluir-su-ausencia-helen-escobedo.html>>

Figura IV.113 a 115. Detalles de pieza *Fuente de la hermana agua*, 1970.Hormigón con encofrado de tablillas de madera, 500x750x500 cm, Guadalajara, Jalisco. La escultura ha sido pintada posteriormente para evitar el vandalismo de los grafitis. Fotografía tomada del Diario Milenio, VVAA.(2010).*Gortazar*, [en línea] México: Milenio[Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/8748113>>

Fotografía tomada de VVAA.(2003).*Ciudades y arquitectura*, [en línea] México:Sky Craper life [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.skyscraperlife.com/ciudades-y-arquitectura/49483-vs-general-monterrey-vs-guadalajara-197.html>>

Fotografía tomada de Red Arquitectura,VVAA. (2012), *Quién realmente pierde es Gualajara*. [en línea] Guadalajara: Red Arquitectura [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://blogs.iteso.mx/arquitectura/2012/01/17/quien-realmente-pierde-es-guadalajara/>>

Figura IV.116 Gortazar*Fuente*, 1976, 500x100x2100 cm Escultura en hormigón pintado posteriormente por el vandalismo de los grafitis, situada en la plaza del Federalismo. Fotografías tomadas del diario Informados VVAA.(2010).*Fernando González Gortazar*, [en línea] México: Diario Informados [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.informador.com.mx/3862/fernando-gonzalez-gortazar>>

Figura IV.117 y 118. Gortazar*gran puerta* 1969, 1000x1400x600 cm, escultura situada en El Parque amarillo de Guadalajara, Jalisco México, recientemente rehabilitada. Fotografía tomada de VVAA.(2012) *La gran puerta*, *Fernando González Gortazar*, [en línea] Guadalajara: MADMAR.[Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://madmar.tumblr.com/post/5627315012/la-gran-puerta-fernando-gonzalez-gortazar>>Fotografía tomada del Diario Crónica de Sociales .org, VVAA.(2011), *Piden colonos ayuda para el mantenimiento del Parque Amarillo. Jalisco*. [Fecha de consulta 17/05/2014] Jalisco: DiarioCrónica de Sociales <<http://cronicadesociales.org/2011/03/20/piden-colonos-ayuda-para-mantenimiento-de-parque-amarillo/>>

Figura IV.119. Gortazar *Escultura en hormigón* 1972. Hormigón armado pintado, 1360x18x150 cm por pieza. Parque González Gallo, Guadalajara, el brazo horizontal debe estar hueco para minimizar el momento de giro en el apoyo, para contrarrestarlo se puede haber realizado macizo el brazo que sube inclinado. Fotografía tomada de VVAA.(2012), *González Gortazar, Fernando*. [en línea] Guadalajara: El Universal [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://fotografias.eluniversal.com.mx/coleccion/muestra_fotografiagaleria.html?idgal=14380>

Figura IV.120 y 121. Gortazar *Fuente de las escaleras*, 1987, 800x1600x1800 cm. Hormigón armado, Fuenlabrada. Fotografía tomada de SEMARTIN. (2007). *Fuente de las escaleras* [en línea] Madrid: Panoramio [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.panoramio.com/photo/6712823>>

Figura IV.122 a 124. Gurria. *Primera estación de la Ruta de la Amistad* 1968, 1800x600x700 cm Escultura en hormigón armado y posteriormente pintada, realizada para la conmemoración de los Juegos Olímpicos de 1968, dentro del conjunto escultórico de la *Ruta de la Amistad*. Recientemente ha sido rehabilitada por el mecenazgo de la familia Cossio. Fotografía tomada de México 68, VVAA(2014) *Ángela Gurria*, [en línea] México DC: México 68. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.mexico68.org/> Fotografía tomada de Diario Universal, > VVAA(2010), *Ruta de la amistad* . [en línea] México DC: Universal [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://fotografias.eluniversal.com.mx/coleccion/muestra_fotografiagaleria.html?idgal=11394>

Fotografía tomada de Arte Ciencia y cultura VVAA.(2010). *Señales*, [en línea] México DC: Arte Ciencia y cultura [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://artecienciaycultura.wordpress.com/2009/10/01/85-gabriel-impaglione-poema/>>

Figura IV.125 y 126. Gutmann *El Ancla* 1968, 750x1000x200 cm, Hormigón armado pintado, Escultura para el complejo escultórico de la “Ruta de la amistad” de Ciudad de México. Fotografía tomada de Pyramid Beach, VVAA(2011), *The route of friendship*, [en línea] México, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/willi-gutmann/>>. Fotografía tomada de World Monuments Fund VVAA. (2009). *Ruta de la Amistad*. [en línea] NY: World Monuments Fund [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/ruta-de-la-amistad>>

Figura IV.127. Por la construcción de un paso elevado en la ruta a de la amistad se han tenido que reubicar varias esculturas, entre ellas “El Ancla”, de Willi Gutmann

Fotografía tomada de Blog Tlalpan .info, VVAA,(2009). *Ruta de la amistad* [en línea] México: Tlalpan [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://tlalpan.info/?tag=rutadelaamistadm%C3%A9xico68>>

Figura IV.128. Detalle de la pieza ya restaurada y reubicada. Gutmann *El Ancla* 1968, 750x1000x200 cm, Hormigón armado pintado, Escultura para el complejo escultórico de la *Ruta de la amistad* de Ciudad de México. Fotografía tomada de Blog Tlalpan .info, VVAA (2009). *Ruta de la amistad* [en línea] México: Tlalpan [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://tlalpan.info/?tag=rutadelaamistadm%C3%A9xico68>>

Figura IV. 129 y 130. Hadany *Escultura Urbana*, 1984, 500x200x200 cm, realizada en hormigón armado pigmentado en rosa y cantos chapados en acero y pintados. Maale Adumim,

Israel. Fotografía tomada de la página del artista Israel Hadany HADANY, Israel (2011). *web site*. [en línea] , Israel: Hadany. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.israelhadany.com/>>

Figura IV.131. Hadany, *Escultura en Hormigón* 1967, 50x20x20 cm. Hormigón en Masa. Recientemente ha realizado un conjunto escultórico en mármol blanco de formas similares. HADANY, Israel (2011). *web site*. [en línea] , Israel: Hadany. [Fecha de consulta 20/05/2014].<<http://www.israelhadany.com/>>

Figura IV. 132 y 133. Haecher *Hito*, 1957, 200x120x30 cm, hormigón armado, situada en Lenzburger, Suizay *Roues de Betón* 1970, 250x250x50 cm (cada pieza), realizadas en hormigón armado, Holderbank, Suiza. Fotografía tomada de Kunstbreite, VVAA.(2013)*Peter Haechler*, [en línea] , Suiza:Kunstbreite [Fecha de consulta 17/05/2014].

<http://www.kunstbreite.ch/Kuenstlerwerdegaenge_aargau_haechler_peter.htm>Fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporan*.Neuchâtel: Griffon. Vol 1, página 32.

Figura IV.134 y 135. Herbert *Alivio espacial de Hormigón*, 1957, 450x1400x90 cm, relieve en hormigón armado, de Otto Herbert Hajek, situado en la entrada de la sala de lectura de Fisiología, en el paraninfo en la Universidad de Friburgo. Fotografía tomada de KUNST AM BAU in der Geschichte 2013, [en línea] Alemania, [Fecha de consulta 17/05/2014]. http://www.ruhr-uni-bochum.de/kuba/data/ueber_2.htm . Fotografía tomada de EMDEN-WEINERT, Thomas. (2007)*Otto_Herbert_Hajek*, [en línea] Alemania:Welt der Form, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://welt-der-form.net/Otto_Herbert_Hajek/>

Figura IV.136. Herbert *Tráfico* 1970, 268x114x156 cm, hormigón armado, BKK, RWE, Celle, Alemania. Fotografía tomada de EMDEN-WEINERT , Thomas. (2007) *Otto_Herbert_Hajek*, [en línea] Alemania:Welt der Form, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://welt-der-form.net/Otto_Herbert_Hajek/>

Figura IV. 137.Hajek *Adelaida Festival Centre Trust* en 1973, 10000x2000x10000 cm, hormigón pintado, realizado junto con los arquitectos Hassell+Partners en Adelaida, Australia. Fotografía tomada del Hajek Museum, HAJEK H, Otto,(2013), *Hajek Museum*. [en línea]. Stuttgart: Hajek [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.hajekmuseum.de>>

Figura IV. 138. Hajek*Schwelm Kreishaus*, 1969, 400x4000x3500 cm, hormigón pintado, distrito de Schwelm, Alemania, Junto con los arquitectos: LTK Laskowski. Fotografía tomada del Hajek Museum, HAJEK H, Otto,(2013), *Hajek Museum*. [en línea]. Stuttgart: Hajek [Fecha de consulta 20/05/2014]. <<http://www.hajekmuseum.de>>

Figura IV. 139. Hajek *Intervención junto con el arquitecto Walter Schrempf, para la cantina de estudiantes*1965, 2500x5000x4000 cm, Hormigón estructural armado, en la Universidad de Saarbrücken, Alemania.

Figura IV.140 a 142. Hajek *Conjunto escultórico para la universidad de Saarland* 1965-1970, 90x800x800 cm y 600x600x600 cm, hormigón pintado. Fotografía tomadas de Thomas Emden-Weinert EMDEN-WEINERT, Thomas. (2007) *Otto_Herbert_Hajek*, [en línea] Alemania: Welt der Form, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://welt-der-form.net/Otto_Herbert_Hajek/>

Figura IV.143. Holt *SunTunnels* 1976, 274x2072x1615 cm, piezas de 274x548x274 cm, tubos de hormigón armado, Utah, EEUU. Fotografía tomada de Fernandez Mallo, FERNANDEZ MALLO (2008), *El hombre que salió de una tarta* [en línea] Barcelona: Alfaguara, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://blogs.alfaguara.com/fernandezmallo/>>

Figura IV.144 y 145. Detalles de la obra, Holt *SunTunnels* 1976, 274x2072x1615 cm, piezas de 274x548x274 cm, tubos de hormigón armado, Utah, EEUU. Fotografía tomada de WONGYAP, Christine (2012). *Nancy Holt*, [en línea] EEUU: Christine wongyap [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://blog.christinewongyap.com/tag/nancy-holt/>>. Fotografía tomada de NOZISKOVA, whitney (2012). *Nancy Holt*, EEUU: Whitney Noziskova, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://www.whitneynoziskova.com/howtoold/>

Figura IV. 146. Holt *star-crossed* 1980, 426x1219x1615 cm, hormigón armado tierra césped y agua. Ohio, EEUU. Fotografías tomadas del libro WILLIAMS J, Alena, (2011), *Nancy Holt, Sighthlines*. California: Ed University of California. Páginas 103, 104 y 105.

Figura IV.147 y 148. Detalles de Holt *star-crossed* 1980, 426x1219x1615 cm, hormigón armado tierra césped y agua. Ohio, EEUU. Fotografías tomadas del libro WILLIAMS J, Alena, (2011), *Nancy Holt, Sighthlines*. California: Ed University of California, páginas 103, 104 y 105.

Figura IV.149 a 152. Holt *DarkStar Park* 1984, 2700m2 de superficie de intervención, hormigón gunitado, hormigón armado, acero, césped y agua, realizada en Rosslyn, Virginia, EEUU. Fotografías tomadas del libro WILLIAMS J, Alena, (2011), *Nancy Holt, Sighthlines*. California: Ed University of California. páginas 120 a 123.

Figura IV.153. Judd *Sin título* 1977, 100x500x500 cm, escultura en hormigón armado realizado in situ mediante encofrado de tabloncillos de madera, en Münster, Alemania, patologías por vandalismo de pintadas. Fotografía tomada de ALDER, Florian (2010) *Judd* [en línea] Alemania: Wikipedia. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Judd_Muenster.JPG?uselang=es>

Figura IV.154. Judd *Sin título* 1980, quince piezas de 250x250x500 cm con espesor de 25 cm en hormigón armado de módulos prefabricados, Marfa, Texas. Fotografía tomada de, JUDD, Donal (2013), *a oasis of art*, [en línea] Marfa: NPR [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.npr.org/2012/08/02/156980469/marfa-texas-an-unlikely-art-oasis-in-a-desert-town>>

Figura IV.155 Danny Karavan, *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev*, 1965. 3000x10000x10000 cm Beershaba, Israel. Fotografía tomada de PICOW, Maurice, (2009) *Danny Karavan, Green prophet*, [en línea] Israel, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.greenprophet.com/2009/05/dani-karavan-2/>>

Figura IV.156. Danny Karavan, *Vista general del Monumento a los muertos de la Brigada Neguev*, Danny Karavan, 19653000x10000x10000 cm. Beershaba, Israel. Fotografías tomadas de KARAVAN, Danny , (2013), *Danny Karavan*. [en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.danikaravan.com/main_new.htm>

Figura IV.157 y 158. Detalles del grupo escultórico *Monumento a los muertos de la Brigada Neguev* , Danny Karavan, 1965 3000x10000x10000 cm. Beershaba, Israel.. Fotografías tomadas de KARAVAN, Danny , (2013), *Danny Karavan*, . [en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.danikaravan.com/main_new.htm>

Figura IV.159 y 160. Detalles del *Grupo escultórico Monumento a los muertos de la Brigada Neguev* , Danny Karavan, 1965,3000x10000x10000 cm. Beershaba, Israel. Realizado en hormigón armado con encofrado de tabla. Fotografías tomadas de KARAVAN, Danny , (2013), *Danny Karavan*, . [en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.danikaravan.com/main_new.htm>

Figura IV.161 a 163. Vistas generales del Danny Karavan, *monumento Kikar Levana* 1977, 3000x4000x4000 cm Tel Aviv Israel, por Danny Karavan, realizado en hormigón armado blanco. Fotografías tomadas de KARAVAN, Danny , (2013), *Danny Karavan*, . [en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.danikaravan.com/main_new.htm>

Figura IV.164 y 165. Detalles del conjunto escultórico generales del monumento Danny Karavan, *Kikar Levana*, 1977, 3000x4000x4000 cm, Tel Aviv, Israel, por Danny Karavan, realizado en hormigón armado blanco encofrado de planchas lisas. Fotografías tomadas de KARAVAN, Danny , (2013), *Danny Karavan*, . [en línea] Israel: Danny Karavan. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.danikaravan.com/main_new.htm>

Figura IV.166. Relieve *Promulgación y el Mundo* 1965, 1000x4500x120 cm, hormigón armado por Ödön Koch para una Iglesia en el Cantón de Berna en Boujean. Fotografía realizada para Paronamio por el fotógrafo Wilhelm Tell.

Figura IV.167. *Relieves* 1959, 300x1100x70 cm, realizado en hormigón para la Universidad de Zúrich, Wandrelief.

Figura IV.168 a 172. Kowalski, *Sundial* (Reloj del sol) 1968, (Piezas de 500x600 de diámetro) Grzegorz Kowalski, Ruta de la Amistad México DF, conjunto escultórico compuesto por conos de hormigón pintado, todos ellos del mismo patrón colocados en diferente posición. Algunos de ellos seccionados y pintados en diferentes tonalidades. Fotografías tomadas KOWALSKI, (2013), *Kowalski Art*. [en línea] Polonia: Kowalski. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.kowalski.art.pl/>> y Fotografía tomada de PACK, Jon y el cineasta HUSTWIT, Gary (2010), *The Post Olympic City* [en línea] México: Plot [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.revistaplot.com/%C2%BFque-pasa-despues-de-los-juegos-olimpicos/>>

Figura IV. 173 y 174. *Irregular progression* 2001, 600x850x900 cm, bloques de hormigón (NMAC) y *Four-sided pyramid* 1997, 458x1012x971 cm, bloques de hormigón, Washington.

Fotografías tomadas de Fundación NMAC, VVAA. (2005) *Irregular progression* [en línea] EEUU: Wikipedia [Fecha de consulta 17/05/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sol_LeWitt_-_Cinderblock.jpg> y SLOKING, (2011), *Four-sided-pyramid*, [en línea] Washington: Wikipedia. [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Four-sided-pyramid.JPG>>

Figura IV.175. Lewitt, *Cube without a corner* 1999, 500x500x500 cm, bloques de hormigón, Berlín. Fotografía tomada del Libro BRESON Michael (2002) *Sol Lewitt concrete block structures*. Milán: Susanna Singer. Página 18.

Figura IV. 176 y 177. Mateos, *Inversión VIII* 1999, 2200x1500x1000 cm, hormigón Ciudad de Valladolid en conmemoración del IV Centenario de la Ciudad. Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figura IV.178 y 179. Vista con el autor viéndose la proporción entre persona y la escultura, podemos apreciar la gran altura que alcanza la escultura del Obelisco, 1994, 255x400x300 cm, hormigón armado en Villavieja de Yeltes. Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figura IV.180 y 181. *Janus*, 1968, 250x570x570 cm, realizada en hormigón armado y posteriormente pintado para la “Ruta de la Amistad” en México. Estado actual y original de la pieza, en la actualidad la escultura está en el interior de un colegio de la Ciudad de México. Fotografía tomada de WMF, VVAA.(2010), *Ruta de la Amistad*, [en línea] México: WMF [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/ruta-de-la-amistad>>. Fotografía tomada de MEADMORE, Clemen, (2005), *Biography*, [en línea] EEUU: Clemen Meadmore. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.meadmore.com/>>

Figura IV.182 y 183. Melehi *Charamusca Africana* 1968, 1200x200x150 cm, hormigón armado, Ciudad de México. Fotografía tomada de WMF, 2012, American Express Awards Grant Funding to Six 2012 Watch Sites, [en línea] Washington, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/american-express-awards-grant-funding-six-2012-watch-sites>> Fotografía tomada de Pyramid Beach, 2011, *Ruta de la Amistad*, [en línea] México, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/mohamed-melehi/>>

Figura IV.184 y 185. Melehi *Charamusca Africana* “1968, 1200x200x150 cm, hormigón armado, Ciudad de México. Fotografía tomada de La Jornada, 2006, *Es Importante rescatar el espíritu que animó la Ruta de la Amistad: Melehi*, [en línea] [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.jornada.unam.mx/2006/07/02/index.php?section=cultura>>

Figura IV.186. Miodrag-zivkovic *Monumento en honor a los miles de muertos en la Batalla de Sutjeska* en 1943, por el ejército alemán. Escultura de Miodrag-zivkovic, en Tjentiste, Bosnia y Herzegovina.

Figura IV.187. Miodrag-zivkovic *Monumento en honor a los miles de muertos en la Batalla de Sutjeska* en 1943, por el ejército alemán. Escultura de Miodrag-zivkovic, en Tjentiste, Bosnia y Herzegovina. Fotografías tomadas de Dona Dickens, 2011. *25 abandoned soviet monuments from the future past*. [en línea] EEUU, Buzzfeed, [Fecha de consulta 17/05/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV.188 a 191. Miodrag-zivkovic. *Monumento en honor a los miles de muertos en la Batalla de Sutjeska* en 1943, por el ejército alemán. Escultura de Miodrag-zivkovic, en Tjentiste, Bosnia y Herzegovina. Fotografías en su estado original. Fotografías tomadas de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV.192 y 193. Miodrag-zivkovic. *Spomenic Streljanima Kragujevac*, 1960/1970, Kragujevac, Serbia en su estado recién erigido. Fotografías tomadas de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV.194 y 195. Miodrag-zivkovic. *Spomenic Streljanima Kragujevac*, 1960/1970, Kragujevac, Serbia en su estado recién erigido y detalle de uno de sus laterales. Fotografías tomadas de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV. 196. Miodrag-zivkovic. *Spomenik Kadinjaca* 1952, Kadinjaca Serbia, en su estado recién erigido. Fotografías tomadas de de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV.197 y 198. Vistas generales de Miodrag-zivkovic. *Spomenik Kadinjaca* 1952, Kadinjaca Serbia, en su estado recién erigido. Fotografías tomadas de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV.199 y 200. Detalles de Miodrag-zivkovic. *Spomenik Kadinjaca* 1952, Kadinjaca Serbia, en su estado recién erigido. Fotografías tomadas de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV.201 y 202. Miodrag-zivkovic. *Monumento construido en memoria de la resistencia del Batallón de trabajadores que lucharon y murieron durante la Batalla de Kadinjaa*, Serbia en 1941, escultor Miodrag-zivkovic y estado original de la pieza. Fotografías tomadas de ZIVKOVIC, Miodrag, (2010). *Skulptura*. [en línea]. Croacia: Zivkovic [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://miodrag-zivkovic.com/>>

Figura IV.203 y 204. Miró. *Mujer y Pájaro*, 1983, escultura de Joan Miró en Barcelona realizada en hormigón y cerámica. Fotografía tomada en MERINO, José. (2012) *Esculturas y cerámicas de Miró*. [en línea]. Ojén: Alegre jardín [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://alegrejardin.wordpress.com/2012/06/17/las-esculturas-y-ceramicas-de-joan-miro/> Fotografía tomada de Europa en fotografías, VVAA. (2012). *Barcelona* [en línea]. Barcelona: Europa en fotografías. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.europaenfotografias.com/barcelona/pho_bcn_115.html>

Figura IV.205 y 206. Escultura *Disco Solar*, 1968 2000x1700x200 cm. Hormigón pintado “Ruta de la amistad”. Esculturas para los juegos olímpicos de en México antes y después de la restauración. Fotografía tomada de Pyramid Beach, VVAA. (2011), *Ruta de la Amistad*, [en

línea]. México: Pyramid Beach. [Fecha de consulta 22/07/2014].

<<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/>>

Figura IV.207 y 208. *Señal*, 1963, Hormigón armado, 2300x1000x1000 cm, en Zellik, Bélgica; detalle de “Señal”, 1973, hormigón armado, 6760x1000x500 cm, Hensies, Bélgica. Fotografía de Gwennaëlle Gribaumont

Figura IV.209 y 210. Proceso de ejecución de la escultura *Señal*. 1973, hormigón armado, 6760x1000x500 cm, Hensies, Bélgica. Fotografías tomadas del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, páginas 142 y 143.

Figura IV.211 y 212. Proceso de ejecución de la escultura *Señal*. 1973, hormigón armado, 6760x1000x500 cm, Hensies, Bélgica. Fotografías tomadas del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, páginas 142 y 143.

Figura IV. 213. Moore. *Cabeza de Mujer*, 1926, 22.8cm. Hormigón. City Art Gallery and museum, Wakefield. Imagen tomada del libro, LEER, Herbert. (1949). *Henry Moore Sculpture and drawings*. Londres: Percy Lund, Humphries, & Co, página 61

Figura IV.214. Moore. *Mujer Reclinada* / 1927.63.5cm. Hormigón, Col. Irina Moore. Fotografía tomada de MOORE Henry 1981, Escultura, Barcelona, ed Polígrafa, página 35.

Figura IV. 215. Moore. *Figura reclinada*, 1932, 1.09 m. Hormigón. City Art Museum, San Luis. Fotografía tomada de MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 53.

Figura IV.216 .Nivola, *Sardinian Widow* , 1984, 81x89x25 cm, realizada en hormigón mediante modelado y vaciado en este material. Fotografía tomadas del libro JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol2, página 86.

Figura IV. 217. Nivola, *Sin título* 1951, Detalle de un relieve realizado en Hartford, USA. Detalle de fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, página 54.

Figura IV.218. *Relieve*, 1959, 400x400 cm, relieve en hormigón en Saarbrücken anteriormente perteneciente al Ministerio de Medio ambiente y energía. Relieve realizado in situ mediante encofrado de tablas de Madera con hormigón estructural. Fotografía tomada del Archivo del Instituto de Arte Contemporáneo de Saarland.

Figura IV. 219. Oteiza. *Adán y Eva, Tangente S=E/A* 1931, Guipúzcoa, Hormigón. 42x47x15 cm. Imagen tomada de M.A. Gómez(2005). *El rincón de la Ciencia*, [en línea]. Madrid: MEC [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Arte/oteiza/oetiza.htm>>

Figura IV.220. Oteiza, *Comprendiendo políticamente*, 1935. Guipúzcoa, 40x30x30 cm Hormigón. Museo Reina Sofía de Madrid. Fotografía tomada de Buscatriz, VVAA: (2010), *Oteiza* [en línea]. Madrid: Buscatriz. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.buscatriz.com/>>

Figura IV.221. Oteiza, *Estudio de relieve*/1956-1958, 14,4 x 11,9 x 5,8 cm. Hormigón celular. Fotografía aportada por el Museo Oteiza.

Figura IV.222. Ervin Patkai, *Escultura de montaña*, 1973, Hormigón, 400x200x200 cm, Plateud'Assy, frente al MontBlanc. Imagen tomada de Le MondePATKAI. (2011), *Ervin Patkai*, [en línea]. París Lemonde.[Fecha de consulta 22/07/2014].
<<http://imago.blog.lemonde.fr/2011/12/04/ervin-patkai/>>

Figura IV.223 y 224 134. El artista junto a su obra *Structure Pleine*, 1973, Hormigón, 400x200x200 cm, Saint Cloud, Francia. Fotografías de Jacques Verrier y Yves Gallois. Fotografía tomada de Polumnia, VERRIER (2006)*Dall'oblio*-[en línea]. París: Polumnia [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.polumnia.net/writing/magazine/dalloblio/7>>

Figura IV.225 a 226. Boceto y preparación de esculturas de Chartier Grenoble, Francia, 1970. Tallado el negativo en los bloques de poliestireno expandido. Fotografías tomadas PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.227 y 228. Detalles del hormigonado por capas y no de continuo para que no existan coqueras en espacios del encofrado que suben en interior. Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.229 y 230. Detalle del desencofrado y vista general de las piezas realizadas para la villa olímpica de Grenoble. Chartier Grenoble, Francia, 1970. Hormigón, 450x300x200 cm Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.231 y 232. *Fuente*, 1969, 300x300x300 cm, Hormigón situada en el Colegio Norago en Gers, Francia. Escultura para el Liceo Descartes de Montigny le Bretonne, realizada en 1982, 450x450x300 cm en hormigón armado. Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.233. Patkai. *Conjunto escultórico para la facultad de Ciencias de Cézaux en Clermont Ferrand*, Francia en 1972.Hormigón armado con alturas entre tres y cuatro metros. Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.234 y 235. Patkai.*Piezas realizadas* en 1971 y 1973, para el simposio de la Foret de Sérnat, en el parque de la Faisandrie y “Cess600” Bobigny, siene Saint Denis, Francia. De 450x300x200 cm y 400x200x200 cm respectivamente. Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.236 y 237. Patkai.*Escultura realizada para la Facultad de Ciencias de Rennes*, Francia, en 1973, Hormigón armado, 500x500x250 cm, con detalle del escultor dentro de ella.

Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV.238 y 239. Patkai. Escultura realizada en 1966 en hormigón de 45x30x20cm fotografía realizada por Kádár y escultura realizada en 1967 en hormigón de 100x150x50cm. Fotografías tomadas de PATKAI Ervin, (2010). Obra. *Ervin Patkai*. [en línea] París: Patkai [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.patkaiervin.com/>>

Figura IV. 240. Penalva, *Grupo de esculturas campo alado* (1963), hormigón armado, 350x500x1000 cm de Alicia Penalba, ubicada en la Universidad de Saint Gall en Suiza. Hormigón realizado con cemento aluminoso modelado directamente sobre mallazo sin gunitar. Fotografía tomada de la web de la universidad de Saint Gallen. VVAA.(2011), *Alicia Penalva*[en línea] St Gallen:Startseite [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.startseite.sg/>>

Figura IV.241. Detalle de las patologías de una de las piezas de Grupo de esculturas campo alado (1963), 350x500x1000 cm de Alicia Penalba, ubicada en la Universidad de Saint Gall en Suiza. Hormigón realizado con cemento aluminoso modelado directamente sobre mallazo sin gunitar. Fotografía tomada de PERiSTYLE, VVAA. (2013). *Histoire de l'art, patrimoine bâti et art décoratif*. [en línea] Suiza: PERiSTYLE [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.peristyle.ch/s/>>

Figura IV.242 y 243. Imagen de la escultora realizando en conjunto escultórico y estado actual del mismo. Penalva, *Grupo de esculturas campo alado* (1963), 350x500x1000 cm de Alicia Penalba, ubicada en la Universidad de Saint Gall en Suiza. Hormigón realizado con cemento aluminoso modelado directamente sobre mallazo sin gunitar. Fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol I, página 72.

Figura IV. 244. *Formas de Hormigón*, 1970, 450x 120 cm la pieza más alta es de 120cm. Rotterdam, Holanda. Autor de las fotografías WERT, eugen (2009), *Formas de Hormigón* [en línea] Holanda: Wikifrits[Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schiedam_kunstwerk_speelobject_Hans_Petri.jpg>

Figura IV. 245. Petri *Speelobject, Olifant*, 1963, hormigón armado. 130x180x90 cm. Schiedam, Holanda, Autor de las fotografías WERT, eugen (2009), *Olifant* [en línea] Holanda: Wikifrits [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schiedam_kunstwerk_speelobject_Hans_Petri.jpg>

Figura IV.246 y 247. Detalles de la escultura Speelobject, Olifant, 1963, hormigón armado realizado por modelado previo. 130x180x90 cm. Schiedam, Holanda, Fotografía tomada de MENS& Dier in Steen & Brons (2011). *Hans Petri*[en línea] Holanda:vanderkrogt [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://standbeelden.vanderkrogt.net/>>

Figura IV.248. Petri. *Jonas in de Walvis* 1965. Hormigón armado modelado previo.450x130x40 cm, Dordrecht, Holanda Fotografías tomadas de BRBBL, (2011) ,*Sculpture Hans Petri*[en línea] DeDeel Emmeloord : Wikipedia, [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sculpture_Hans_Petri_DeDeel_Emmeloord.jpg>

Figura IV. 249. Petri, *Zonder*, 1962. Hormigón armado modelado previo, 250x200x100cm Emmeloord, Holanda. Fotografías tomadas de BRBBL, (2011) *Sculpture Hans Petri* [en línea] DeDeel Emmeloord : Wikipedia, [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sculpture_Hans_Petri_DeDeel_Emmeloord.jpg>

Figura IV. 250. Petri. *Fonte in landchap*, 1973, realizada en hormigón armado pigmentado, Consta de siete menhires 600x1200x600 cm, Locatie Refaja, Holanda. Fotografía tomada de VALEN Stevenvan. (2011), *Hans Petri* [en línea] Holanda: Panoramio, [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.panoramio.com/photo/9803408>>

Figura IV.251 Detalle de la obra *Fonte in land chap*, Hans Petri, 1973, Locatie Refaja, Holanda, fotografía de Stevenvan Valen. Fotografía tomada de VALEN Stevenvan. (2011), *Hans Petri*. [en línea] Holanda: Panoramio, [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.panoramio.com/photo/9803408>>

Figura IV.252. Pablo Picasso y Carl Nesjar en 1957. Fotografía tomada de NESGAR Carl 1957, NESJER, *Carl* (2011). *Åpent rom*, [en línea] Noruega: Statsbygg. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.statsbygg.no/Aktuelt/Nyheter/Carl-Nesjar-i-Apent-rom/>>

Figura IV.253. Carl Nesjar durante el encaje de uno de sus relieves en 1957. Fotografía tomada de NESGAR Carl, (2010) *kunstnerhus_presse* [en línea] .Noruega: Gaidaros [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://www.gaidaros.no/kunstnerhus_presse.htm>

Figura IV.254 y 255. Carl Nesjar trabajando en un relieve en 1957 y 1958 con la manguera del chorro de arena y protecciones. Fotografía tomada de NESGAR Carl, (2010). *Public Art Norway (KORO)*, [en línea] Noruega: E-FLUX [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.e-flux.com/announcements/open-call-for-pre-qualification/>>

Figura IV.256 y 257. Escultura *The Bust of Sylvette* 1968, 1100x600x200 cm original de Pablo Picasso y realizada por el escultor Carl Nesjar en NYU, USA en 1968. Fotografías tomadas de Arte Español conmigo, VVAA. (2014), *Picasso and Carl Nesjar*. [en línea] NY: wikispaces [Fecha de consulta 22/07/2014]. <http://arte-espanol-conmigo.wikispaces.com/Picasso+and+Carl+Nesjar>

Figura IV.258 y 259. *Cabeza de mujer* diseñada por Picasso en 1962 y ejecutada por Carl Nesjar en 1971, 487x340x120 cm en la Universidad de Princeton. Fotografía tomada de Art and Architecture of New Jersey, VVAA.(2009), *Pablo Picasso* , [en línea] New Jersey: ettc [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.ettc.net/njarts/details.cfm?ID=410>>

Figura IV. 260. *Retrato de Jaqueline*, Picasso/Carl Nesjar, 1965, 1500x400x300 cm diámetro del tronco 165 cm y espesor de los paños 14 cm, situado en Kristinehamn, VVAA. (2010). *Picasso resa till Kristinehamn*, [en línea] Noruega: Sverige Radio [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://sverigesradio.se/sida/grupp sida.aspx?programid=3727&grupp=15176>>

Figura IV.261 y 262. Detalles del montaje de la escultura, *Retrato de Jaqueline*, Picasso/Carl Nesjar, 1965, 1500x400x300 cm diámetro del tronco 165 cm y espesor de los paños 14 cm, situado en Kristinehamn, Suecia. Fotografías tomadas de Sverige Radio, VVAA. (2010).

Picasso resa till Kristinehamn, [en línea] Noruega:Sverige Radio [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://sverigesradio.se/sida/gruppsida.aspx?programid=3727&grupp=15176>>

Figura IV.263. *Cabeza de Mujer* Picasso /Carl Nesjar, 1971, 1500x300x200 cm espesor de la lámina14 cm, hormigón armado, Halmstad, Suecia. Fotografía de ERICSSON, Jonas.

Figura IV.264. Picasso / Carl Nesjar (1962)454x2380x20 cm Fachada del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña en Barcelona. El diseño de los dibujos realizados por Picasso fue realizado en 1960. Fotografía tomada de MARTIN, Cristina, (2012).*50 años de los esgrafiados de Picasso en el Col·legi d'Arquitectes de Catalunya*, [en línea] Barcelona: Museo Picasso de Barcelona, [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.blogmuseupicassobcn.org/tag/carl-nesjar/?lang=es> fotografía de Cristina Martín>.

Figura IV. 265 y 266. Pondurel. *CTR TD 285*, 2006,30x25x25 cm, hormigón y fibra óptica. Frase incorporada con fibra óptica “hinein, hinauf, insSchädelinnre” Fotografía tomada de PONDRUEL, Denis (2007), *Travaux Récents*. [en línea]. Francia: Pondruel. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.denispondruel.org/fr/>>

Figura IV.266 y 268. Pondurel. *Cry / T7* 2006, 53 cm x 44 cm x 40 cm, hormigón, fibra óptica, agua. Texto incorporado “CRY” que también se refleja en el suelo del habitáculo con el agua de lluvia introducida. ”A servered Head/ T5” 2006, 52 cm x 44 cm x 40 cm, hormigón, fibra óptica, agua. Texto incorporado “a serverd head” y suelo realizado con retícula semejante a tablero de ajedrez. Fotografía tomada de PONDRUEL, Denis (2007), *Travaux Récents* . [en línea]. Francia: Pondruel. [Fecha de consulta 22/07/2014]. <<http://www.denispondruel.org/fr/>>

Figura IV. 269 Villamazar, *Serpiente precolombina*, realizada en hormigón en 1964 para Gaseosas Lux en Cali, Colombia. 300x400x60cm. Fotografía tomada de Colarte, VVAA. (2010), *Ramírez Villamazar*, [en línea]. Cali: Colarte [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.colarte.com/>>

Figura IV. 270. 16 Villamazar , *Torres en los cerros orientales*,1973, 700x700x700 cm, escultura realizada en hormigón armado mediante encofrados lisos y posteriormente enfoscada para generar textura. Bogotá Fotografías tomadas de DAZA, Ligeya, (2008).*Mujer con ruedas y alas*. [en línea]. Cali: Delaudis, [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://delaudis.blogspot.com.es/2008/10/mujer-con-ruedas-y-alas-torres-del.html>>

Figura IV.271 y 272. Detalles de actuaciones vandálicas tanto de pintadas y grafitis como de arranque del enfoscado. Fotografías tomadas de DAZA, Ligeya. (2008).*Mujer con ruedas y alas*, [en línea]. Cali: Delaudis,[Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://delaudis.blogspot.com.es/2008/10/mujer-con-ruedas-y-alas-torres-del.html>>

Figura IV.273. Firma del artista. Fotografías tomadas de DAZA, Ligeya, (2008).*Mujer con ruedas y alas*, [en línea]. Cali: Delaudis[Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://delaudis.blogspot.com.es/2008/10/mujer-con-ruedas-y-alas-torres-del.html>>

Figura IV.274. Vista general actual de *16 Torres en los cerros orientales*, 1973, 700x700x700 cm, escultura realizada en hormigón armado mediante encofrados lisos y posteriormente enfoscada para generar textura. Bogotá Fotografías tomadas de DAZA, Ligeya, (2008). *Mujer*

con ruedas y alas, [en línea]. Cali: Delaudis [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://delaudis.blogspot.com.es/2008/10/mujer-con-ruedas-y-alas-torres-del.html>>

Figura IV. 275 a 277. *Escultura Modular* 1981, 1356x113x60 cm (por columna), pieza realizada en hormigón armado mediante módulos de un metro para la ciudad de Ginebra. Fotografías tomadas del GVA Magda, (2010). *Iraklion*, [en línea]. Ginebra: Panoramio. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.panoramio.com/photo/76834714>> y del catálogo JUNOD-SUGNIX Danielle.(2010), *Maurice Ruche*, Ginebra: Ed Chaman, página 10.

Figura IV. 278 y 279. Sánchez, *Santa Generación de la Iglesia Parroquial de Santa Ana* 1967, Madrid, Hormigón sobredorado, 150x100x100.

Figura IV. 280. Sánchez, *Relieve en el Real Automóvil Club de España RACE* (Madrid)/1966; Hormigón y Chatarra 300x500cm. Arquitecto del edificio Carlos de Miguel. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 206.

Figura IV. 281. Sánchez. *Hospital Gregorio Marañón* (Madrid), 1989; hormigón; 150x200x100cm. . Arquitecto: Javier Carvajal. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 230.

Figura IV. 282 a 284. Alberto, *El pueblo español tiene un camino que conduce a una estrella*, Alberto Sánchez Pérez 1937. Boceto del original. Escultura en el pabellón de España en la exposición de París de 1937 posteriormente destruida y réplica de la escultura ahora reproducida frente al Museo Reina Sofía (Madrid, España) 700x100x100cm. Pieza gunitada con acabado con pintura al acrilato. Fotografías tomadas de GARCIA, Luis. (2010). *El pueblo español tiene un camino que conduce a una estrella*, [en línea]. Madrid: wikipedia. [Fecha de consulta 25/07/2014].

<[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:El_pueblo_espa%C3%B1ol_\(Alberto\)_Madrid_01.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:El_pueblo_espa%C3%B1ol_(Alberto)_Madrid_01.jpg)>y Fotografías de los originales han sido tomadas de CREHA, Miradas, VVAA. (2010), *A. Sánchez*, [en línea]. Madrid: Artecraha. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <http://www.artecraha.com/Miradas_CREHA/a-sanchez-qel-pueblo-espanol-tiene-un-camino-que-conduce-a-una-estrellaq.html>

Figura IV. 285 a 287 Figuras. En estas tres imágenes se muestra el mal estado en el que se encuentra esta escultura cada metro y medio aproximadamente aparece una fisura de carácter horizontal.

Figura IV. 288 y 289. Annette Sauermann, *Sin título*, 2006, , cemento gris, papel de translucido, diámetro 140 x ancho 58 cm. Fotografía tomada de VVAA.(2007), *Expo Betón Art 7*, [en línea]. París : SBK Galería. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.sbkgalerie.nl/expo.html?id=3234&xp=165#>> y Fotografía tomada de SLASH,

VVAA (2010). *Beton Art 7*, París: Slahs [Fecha de consulta 25/07/2014].

<<http://www.slash.fr/evenements/beton-art-7>>

Figura IV. 290 a 293. Annette Sauermann, *Espiral Doble* 2001, 40x1200x1200 cm, Hormigón, agua y luces de color, Ministerio Federal de Economía de Berlín, fotografía de la realización de la pieza y una vez realizada de día e iluminada de noche. La escultura lleva un doble canal de agua en sentido contrario, fotografías tomadas de: SAUREMANN, Annette. (2010) *Obra*. [en línea]. Alemania: Sauermann. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.annette-sauermann.de/>>

Figura IV. 294. Sauras, *Monumento conmemorativo, Viviendas Vizcaya*, 1971. Hormigón armado, 700x250x100 cm Baracaldo. Fotografías facilitadas por el artista

Figura IV. 295. Sauras *Llave del Camino*, 1996, 700x300x300 cm, realizada en hormigón armado. Fotografías facilitadas por el artista

Figura IV. 296. Seguin *Estación 15* de la Ruta de la Amistad, 1968, 750x800x900 cm, hormigón armado pintado. La fotografía ha sido tomada de Mezcal&Tequila, VVAA. (2010), [en línea] México: Flickr. [Fecha de consulta 25/07/2014].

<<http://www.flickr.com/photos/mezcal/3547211570/sizes/m/in/photostream/>>

Figura IV. 297 y 298. Seguin *Estación 15* de la Ruta de la Amistad, 1968, 750x800x900 cm, hormigón armado pintado. Detalles del estado original de la pieza y actual con ataques vandálicos y desconchamientos Fotografía tomada de WMF, VVAA. (2010), *Ruta de la amistad*, [en línea]. NY: WMF. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.wmf.org/slide-show/ruta-de-la-amistad>>

Figura IV. 299 y 300. Seguin *Figuras entrelazadas*, 1960, 700x200x150 cm hormigón armado mediante encofrado de madera, situada en la entrada del Teatro experimental de Guadalajara, México y Sin título, 1969, 350x400x500 cm, Escultura mixta de hormigón armado y acero, hoy situada en la Universidad de San Luis de Missouri, USA. Fotografía tomada de ENCYDIA, VVAA: (2008), *Olivier Seguin*, [en línea]. París: ENCYDIA. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <http://es.encydia.com/fr/Olivier_Seguin> y Fotografía tomada de ladilettantelle, VVAA: (2011), *le geant Olivier seguin*, [en línea]. Francia: ladilettantelle, [Fecha de consulta 25/07/2014]. <<http://www.ladilettantelle.com/article-le-geant-olivier-seguin-88068990.html>> .>

Figura IV. 301 y 302. Sempere *Banco en S*, 1972. 120x40x30cm. Hormigón. Museo de Arte Contemporáneo al aire Madrid, Paseo Castellana.

Figura IV. 623. Fuente /1972, 300x 200x500. Hormigón. Museo de Escultura Contemporánea al Aire libre de Madrid, Paseo de la Castellana.

Figura IV. 303. SHEM, *Genesis*, 1971, 600x700x1500 cm, escultura de hormigón armado, Israel. Fotografía tomada de Wikipedia, VVAA. (2010), *The_sculpture_quot;Genesisquot;_by_Yehiel_Shem*. [en línea]. Israel: Wikipedia. [Fecha de consulta 25/07/2014]. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PikiWiki_Israel_12881_The_sculpture_quot;Genesisquot;_by_Yehiel_Shem.jpg>

Figura IV. 304. SHEM *Escultura Arquitectónica*, 1967, 100x2000x220 cm, hormigón armado con encofrado de tabla. Relieve de la fachada principal del Centro de Jerusalén para las Artes

Escénicas, Israel. Fotografía tomada de DEROR, Avi. (2012), *The_Jerusalem_Center_for_the_Preforming_Arts*. [en línea]. Israel: Wikipedia [Fecha de consulta 25/07/2014].
<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A7%D7%95%D7%91%D7%A5:The_Jerusalem_Center_for_the_Preforming_Arts_P4110083.JPG>

Figura IV. 305 y 306. SOMAINI *Scultura da parete III*. 1957, Hormigón Férreo. 219x100x83 cm. SOMAINI *Forza del nascere*. 1956. 218x150x70 cm, Hormigón Férreo. Fotografías tomadas de SOMAINI, Francesco, (2010), *Sculture*. [en línea]. Italia: Somaini [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://francescosomaini.org/it/category/generi/sculture/>>

Figura IV. 307 y 308. Staccioli, *Estado de asedio* 1980, 90x90x90 cm, hormigón y acero, galería Niccoli, Parma. Fotografía tomada de ARTRIBUNE, VVAA. (2012), *El cemento in stato dassedio, galleria Niccoli allestimento courtesy-galleria darte niccoli parma*. [en línea]. Parna: Niccoli. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.tribune.com/2012/03/nel-cemento-in-stato-dassedio/galleria-niccoli-allestimento-courtesy-galleria-darte-niccoli-parma/>>

Figura IV. 309 y 310. Boceto de la escultura y escultura Staccioli, *Estado de asedio* 1976, 200x380x380 cm, en acero y hormigón expuesto en la Galería II Ponte de Florencia y realizada para la ciudad de Milán. Fotografía tomada del JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, página 31.

Figura IV. 311. Esculturas de Mauro Staccioli durante la exposición retrospectiva “anni del Cemento” 1962-1982, en las Galerías Ponte y Niccoli en Florencia y Parma en 2012. . Fotografía tomada de ARTRIBUNE, VVAA: (2012), *El cemento in stato dassedio, galleria Niccoli allestimento courtesy-galleria darte niccoli parma*. [en línea]. Parna, Artribune [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.tribune.com/2012/03/nel-cemento-in-stato-dassedio/galleria-niccoli-allestimento-courtesy-galleria-darte-niccoli-parma/>>

Figura IV. 312 y 313. Subirach, *Cruz de Santa Coloma*, 1415x306x230 cm. “Es una alegoría al escudo de la ciudad. Popularmente es conocida como la pinza. Tiene grabados los nombres de algunos barrios, calles y entidades de L'Hospitalet de Llobregat, las piezas de la cuña superior fueron pintadas en rojo. Está situada en la calle de Santa Eulalia/Riera Blanca”

Figura IV. 314 y 315. Subirach, *Monumento a Narciso Monturiol*, 1963, 420x269x214 cm. Escultura mixta hormigón y cobre, bloque irregular de hormigón. Al volumen de hormigón se le ha seccionado un cilindro y colocado en él una reproducción del submarino “Ictineo” a escala 1:7, primer submarino que navegó en el puerto de Barcelona en 1859. Detalle de la firma del autor y textura de la misma.

Figura IV. 316 y 317. Subirach, *Monumento a Ramón Llull*, 1976. 870x300x200 cm, Pieza de hormigón armado, Montserrat provincia de Barcelona Detalle de dos caras de la escultura una con textura de chorro de arena y encofrado de láminas de madera. Fotografía tomada del libro de JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol2, página 29.

Figura IV. 318 y 319 Subirach, *Al otro lado del Muro*, 1972. Hormigón y piedra caliza. 284x147x155 cm, Museo al aire libre de Escultura Contemporánea, en el Paseo de la Castellana de Madrid.

Figura IV. 310 y 321. Detalle de lateral de la escultura, de partes devastadas a posteriori. Detalle de patología de la pieza fisura posiblemente provocada por la acción de las heladas.

Figura IV. 322 y 323. Detalle de patología de la pieza fisura posiblemente provocada por la acción de las heladas.

Figura IV. 324 y 325. Escultura de la ruta de la amistad. 1968, 950x1070x410 cm, en hormigón en dos colores y detalle de texturas de la escultura. Fotografía tomada de Piramide Beac, VVAA.(2010), *Ruta de la amistad*, [en línea]. México: Pyramid Beac[Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://pyramidbeach.com>> y Fotografía tomada de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporan*. Neuchâtel: Griffon. Vol 1, página 161.

Figura IV. 326 a 329. Detalles del estado Original y el actual del parque diseñado por el escultor Pierre Székelyen 1958, 200x2000x5000 cm, realizado en hormigón armado blanco y mosaicos, situado en L'Hay Les Roses, Francia. Fotografía tomadas de JOHNSOM, Paige. (2012), *PierreSzekelys Midcentury Modern*, [en línea]. Inglaterra : Play ground designs [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://playgrounddesigns.blogspot.com.es/2012/07/pierre-szekelys-midcentury-modern.html>> y JAOUUBLIE, Astude. (2012), *L'Hay-les-Roses - Groupes Terre et Famille, Sculptures Jeux d'enfants*, .Francia: Astude jaoublié. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://astudejaoublié.blogspot.com.es/2011/12/lhay-les-roses-sculptures-jeux-denfants.html>>

Figura IV. 330. Székelyen. *Universo Games*, 1967, 500x2000x2000 cm, realizados en Hormigón armado para la ciudad de Grenoble. JOHNSOM, Paige. (2012), *PierreSzekelys Midcentury Modern*, [en línea]. Inglaterra: Play ground designs [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://playgrounddesigns.blogspot.com.es/2012/07/pierre-szekelys-midcentury-modern.html>>

Figura IV. 331 y 332. Székelyen, *Sol bípedo*, 1968, 1200x1000x500 cm, Hormigón armado, escultura de para el complejo escultórico de la “Ruta de la Amistad” de México DF. Fotografía tomada de Piramide Beach, VVAA.(2011), *Ruta de la Amistad*, [en línea]. México, Pyramid Beach[Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/pierre-szekely/>> y Fotografía tomada de photo-memory VVAA. (2011), *Fotografía antigua*, París: Photo-Memory[Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.photo-memory.eu/photo-vintage/art>>

Figura IV. 333 y 334 Székelyen, *The Lady of de lake*, 1975, 1750x1046x1000 cm, realizada en hormigón armado, escultura rocódromo para Evry Essonne. Fotografía tomadas de JOHNSOM, Paige. (2012), *PierreSzekelys Midcentury Modern*, [en línea]. Inglaterra: Play ground designs [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://playgrounddesigns.blogspot.com.es/2012/07/pierre-szekelys-midcentury-modern.html>>

Figura IV. 335 a 338. *La puerta del Sol*, 1968, 750x1500x750 cm. Escultura en hormigón armado “Ruta de la Amistad” en México. Fotografías tomadas de CrystalJungle, VVAA. (2012), *Kiyoto, Ota*, [en línea]. Japón: Crystal Jungle [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://crystaljungle.wordpress.com/kiyoto-ota/>>

Figura IV. 339. Tandberg, *La Rotonda* 1966, 140x500x500 cm hormigón, edificio NVE de Oslo . Fotografía realizada por el fotógrafo: Rune Stubrud, NVE

Figura IV.340 Detalle del reverso del relieve Tandberg, *La Rotonda*, 1966, 140x500x500 cm hormigón, edificio NVE de Oslo . Fotografía realizada por el fotógrafo: Rune Stubrud, NVE

Figura IV. 341. Tandberg, *Relieve de Odd*Tandberg, 1966, 350x850x10 cm, relieve en hormigón texturizado a la China lavada, en el edificio NVE de Oslo. Fotografía realizada por el fotógrafo: Rune Stubrud, NVE

Figura IV.342. Tandberg, *Sin título*, 1966, 350x200x120 cm, pieza ejecutada en hormigón con textura a la china lavada, situada en el Hall de entrada del edificio NVE de Oslo. Fotografía tomada por el fotógrafo HenrikSvedahl.

Figura IV.343. Eugene Terwindt,*Complejo escultórico Binnenplein*, , 1990, 4320x6680x600 cm. Hormigón armado, agua, piedras volcánicas y teselas. Heerlen Fotografías tomadas de TERWINDT, Eugéne. (2010). CV. [en línea]. Holanda: Terwindt. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.eugeneterwindt.nl/>>

Figura IV.344 a 347. Terwindt, *Raadhuisple in Papendrecht*, 1994, 4800x2100x600 cm. Hormigón Pigmentado, acero y cristal. Fotografías tomadas de TERWINDT, Eugéne. (2010). CV. [en línea]. Holanda: Terwindt. [Fecha de consulta 16/09/2014]. <<http://www.eugeneterwindt.nl/>>

Figura IV. 348. Tissinier,*Guerriers cathares*, 1982, (1000x250x200 cm por nido de ametralladora) del escultor francés Jacques Tissinier realizadas en Narbona, Francia. Fotografía tomada de MICKLE María, (2012), *Tissinier 10, Ipernity*, [en línea]. París: Ipernity[Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.ipernity.com/doc/arno.lagrange/10941114/in/album/241168>>

Figura IV. 349 y 350. Tissinier, *Guerriers cathares*, 1982, (1000x250x200 cm por nido de ametralladora) realizadas en Narbona, Francia. Fotografía tomada de CABREL, Francis. (2010) . *Les chevaliers cathares*. [en línea]. París: meselfeebulations [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://meselfeebulations.unblog.fr/2010/07/04/francis-cabrel-les-chevaliers-cathares/>> y Fotografía tomada de NEZUMI, (2009), *Tissinier*,[en línea]. Francia Wiki. [Fecha de consulta 26/07/2014].<<http://nezumi.dumousseaux.free.fr/wiki/index.php?title=Image:Tissinier1.jpg>>

Figura IV. 351 y 352. Uribe Duque, *Pórticos* (1983), escultura de Hormigón armado de 700x440x440 cm. del escultor colombiano Alberto Uribe Duque colocada en el Parque de las Esculturas, Cerro Nutibara, de Bogotá. Detalle de su estado actual. Fotografía tomada de COLARTE, VVAA.(2010), *Uribe Duque, Alberto*. [en línea]. Bogotá: Colarte [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.colarte.com/colarte/conspintores.asp?idartista=438&pagact=1&idfotografía=30831&dirpa=http%3A%241col%24%241col%24www.colarte.com%241col%24UriA7502.jpg>> y Fotografía tomada de AGUDELO, Juan Esteban, (2011), *Arte en espacio público SOS*, [en

línea]. Colombia:El Mundo [Fecha de consulta 26/07/2014].

<http://www.elmundo.com/portal/cultura/cultural/artes_en_espacio_publico_sos.php>

Figura IV.353. Vaquero Turcios.*Monumento al descubrimiento de América*, 1977, Madrid, hormigón armado, 9000x2000x1800 cm, vista desde la calle Serrano.

Figura IV.354. Vasarely, *Hexágonos*, 1977, 300x120x30 cm, hormigón armado y Azulejos, Pecs Hungría. Fotografías tomadas de SEBLST, (2009). *Vasarely Pecs* [en línea]. Hungría: wikipedia [Fecha de consulta 26/07/2014].

<http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Vasarely_Pecs_2009.JPG>

Figura IV.355. Estado actual de la pieza “Hexagonos”, 1977, 300x120x30 cm, hormigón armado y Azulejos, Pecs Hungría. Fotografías tomadas de SEBLST, (2009). *Vasarely Pecs* [en línea]. Hungría: wikipedia [Fecha de consulta 26/07/2014].

<http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Vasarely_Pecs_2009.JPG>

Figura IV.356. *Estación 2*, 1968, 700x1400x700 cm, hormigón armado, “Ruta de la Amistad” Ciudad de México. Fotografía tomada de Pyramid Beach, VVAA. (2011). *Ruta de la Amistad*. [en línea]. México: Pyramid Beach [Fecha de consulta 26/07/2014].

<<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/>>

Figura IV. 357. Youngman, *Centennial*, 1976, 150x250x250 cm, hormigón, situada en la Universidad de Illinois. Fotografía tomada de JYOTI, (2012). *Centennial - by Robert Youngman*, [en línea]. Chicago: outdoor sculptures. [Fecha de consulta 26/07/2014].

<<http://chicago-outdoor-sculptures.blogspot.com.es/2012/07/uiuc-centennial-by-robert-youngman.html>>

Figura IV. 358. Youngman, *Centennial*, 1976, 150x250x250 cm, hormigón, situada en la Universidad de Illinois. Detalle de ubicación dentro de la Universidad de Illinois. Fotografía tomada de JYOTI, (2007). *Centennial - by Robert Youngman*, [en línea]. Chicago: outdoor sculptures. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://chicago-outdoor-sculptures.blogspot.com.es/2012/07/uiuc-centennial-by-robert-youngman.html>>

Figura IV. 359 y 360. Youngman, *Purdue Engineering* 1983, 3800x6000x6000 cm, realizado en Hormigón armado, acero, agua y luminaria, Detroit. . Fotografía tomada de PATRICK. (2009). *Pablo Davis OR Robert Youngman (sculptors)* [en línea]. Detroit: Detroytes. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <[http://www.detroityes.com/mb/showthread.php?2082-Pablo-Davis-OR-Robert-Youngman-\(sculptors\)](http://www.detroityes.com/mb/showthread.php?2082-Pablo-Davis-OR-Robert-Youngman-(sculptors))> y

Fotografía tomada de JASARI. (2007). *Youngman, Purdue Engineering Fountain*, [en línea]. Detroit: Wikipedia [Fecha de consulta 26/07/2014].

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Purdue_Engineering_Fountain.jpg>

Figura IV.361 y 362. Youngman, *Purdue Engineering* 1983, 3800x6000x6000 cm, realizado en Hormigón armado, acero, agua y luminaria, Detroit. Detalle de la fuente de la Universidad de Detroit fotografía realizada por Chris Harnish. Fotografía tomada de HARNISH, Chris. (2012), *Robert Youngman*, [en línea]. Detroit: Chris Harnish [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.chrisharnish.com/tag/robert-youngman/>> y Plano de planta de la escultura imagen

tomada del libro RAVINDRA K, Dhir and DYER, Thomas (1996) Concrete in the service of t Makind, Great Britain: ed E and FN SPON, página 317.

Figura IV.363 y 364. Murales para el Banco central de Detroit, 1970, 365x731x20 cm, hormigón armado, Detroit EEUU. Detalle de la realización de los paneles del Banco Comercial de Detroit por el artista. Fotografía tomada de PATRICK. (2009). *Pablo Davis OR Robert Youngman (sculptors)* [en línea]. Detroit: Detroytes. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <[http://www.detroityes.com/mb/showthread.php?2082-Pablo-Davis-OR-Robert-Youngman-\(sculptors\)>](http://www.detroityes.com/mb/showthread.php?2082-Pablo-Davis-OR-Robert-Youngman-(sculptors)>)

Figura IV.365 a 367. Murales para el Banco central de Detroit, 1970, 365x731x20 cm, hormigón armado, Detroit EEUU. Detalles de los relieves del Banco comercial de Detroit. Fotografía tomada de PATRICK. (2009). *Pablo Davis OR Robert Youngman (sculptors)* [en línea]. Detroit: Detroytes. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <[http://www.detroityes.com/mb/showthread.php?2082-Pablo-Davis-OR-Robert-Youngman-\(sculptors\)>](http://www.detroityes.com/mb/showthread.php?2082-Pablo-Davis-OR-Robert-Youngman-(sculptors)>)

Figura IV. 368. Zaluondo, *Esfuerzo*, 1994, 350x300x150 cm, hormigón armado y acero inoxidable, Fuengirola, Málaga, vista frontal.

Figura IV. 369y 370. Zaluondo, *Esfuerzo*, 1994, 350x300x150 cm, hormigón armado y acero inoxidable, Fuengirola, Málaga, vista trasera y lateral.

Figura IV. 371 y 372. Monumento dedicado a los soldados de la *Separación de Kosmaj Partisan* de la Segunda Guerra Mundial. Kosmaj al sur de Belgrado Croacia, 1971. Probablemente fue JordanyIskra Grabul su creador. Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, VVAA .(2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV.373. *Tres puños*, Nis, Servia. Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, , VVAA . (2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV. 374 y 375. *Monumento a los Zapadores*, Mitrovica, Kosovo Serbia 1973. Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, VVAA . (2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

y Fotografía tomada de Taringa VVAA. (2012), *Monumentos abandonados de la era Sovietica*. [en línea]. Madrid: Taringa [Fecha de consulta 26/07/2014]. <http://www.taringa.net/posts/info/14076988/Monumentos-abandonados-de-la-era-Sovietica_.html>

Figura IV.376 y 377. *Desconocido y Spomenik Ilirska Bistrica Jasenovac* (Croacia) de Bogdan Bogdanović 1966. Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, VVAA. (2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV.379 y 380. Desconocido y *Spomenik Knin NikSic* 1974 autoría desconocida. Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, VVAA. (2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV. 381 y 382. Desconocido y *Spomenik Sisak Grmec* Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, VVAA. (2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV. 383. Detalle de la obra de Bogdan Bogdanović, 1966, en Jasenovac. Fotografía e información tomadas de CRAKC Two, VVAA. (2009), *25 abandoned soviet monuments from the future past*, [en línea]. Croacia: Buzzfeed. [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://www.buzzfeed.com/donnad/25-abandoned-soviet-monuments-from-the-future-past>>

Figura IV. 384. *Spomenik Niksic*, 1974, autoría desconocida. Fotografía tomada de Taringa VVAA. (2012), *Monumentos abandonados de la era Sovietica*. [en línea]. Madrid: Taringa [Fecha de consulta 26/07/2014]. <http://www.taringa.net/posts/info/14076988/Monumentos-abandonados-de-la-era-Sovietica_.html>

Capítulo V

Figura V.1 y 2 Detalles de la acción del hielo en un hormigón no preparado para ello.

Figura V.3, 4 y 5. Detalles y esquema de cómo son las fisuras de afogados en malla. Fotografías tomadas de VVAA. Construmática, 2013. Fisuras en el Hormigón .Madrid 17/03/2014. www.construmatica.com .

Figura V.6 y 7. Detalle de fisuras por retracción en superficie aleatorias.

Figura V.8 Detalle de fisuras por retracción u asentamiento plástico sobre armaduras.

Figura V.9 y 10. Detalle de sección de pieza con asentamiento plástico sobre armadura y fotografía de unas fisuras producidas por asentamiento plástico. Fotografía tomada de MALLO diego, (2013), *Edificación construcción y estructuras*. [en línea]. Coruña: Diego Mallo [Fecha de consulta 26/07/2014]. <<http://diegomallof.blogspot.com.es/>>

Figura V.12 Detalle de fisuras por un esfuerzo a tracción.

Figura V.11 Detalle de fisura por un esfuerzo a compresión.

Figura V.13 Detalle de pieza sometida a esfuerzo por flexión.

Figura V.14 Detalle de fisuras producidas por un esfuerzo cortante.

Figura V.15 Detalle de rotura de una pieza sometida a un esfuerzo de torsión.

Figura V.16 Lupa esférica de medición. Fotografía tomada de Magnicenter.2004, Madrid, Tienda de instrumentos ópticos y ayudas para personas con baja visión. VVAA. (2010). *Lupa esférica de medición*. [en línea]. Madrid: Magnicenter. [Fecha de consulta 17/03/2014]. <www.Magnicenter.com.>

Figura V.17 Esquema de funcionamiento de comprobación de profundidad de fisuras mediante ultrasonidos.

Figura V.18 Daños producidos aparentemente por la no ligazón de lechadas en la réplica de la escultura *El pueblo español tiene un camino que conduce a una estrella* Alberto Sánchez Pérez (1895-1962), Museo Reina Sofía de Madrid, Se aprecia también una intervención para su restauración que no ha ligado y se ha producido desconche.

Figura V.19 Ejemplo de una mala ejecución de un encofrado con solapes de piezas de enganches e incrustaciones del encofrado.

Figura V.20 Ejemplo de mala ejecución de un encofrado en la foto se advierte como una tabla ha quedado enganchada y no ha podido ser retirada.

Figura V.21 Ejemplo de máquina extractora de testigos de hormigón con ventosa. Fotografía tomada de CASTELFRANCO, Emilia, (2012),. *Catalogotecnatest*. [en línea]. Roma: *Tecnotets* [Fecha de consulta 17/03/2014]. <<http://www.tecnotest.it/f/sp/>>

Figura V.22 Esclerómetro tomando pruebas de una superficie de hormigón. Fotografía tomada de VVAA, (2012). *Esclerómetro. Catálogo de maquinaria*. [en línea]. Madrid: Directindustry [Fecha de consulta 17/03/2014]. <www.directindustry.es>

Figura V.23 Carl Nesjar con el traje de protección para chorro de arena en la ejecución de Picasso, *Cabeza de Mujer* escultura de Pablo Picasso./1965. Fotografía tomada de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol I, página 129.

Figura V.24 Pistola de chorro de arena para compresor

Figura V.25 Implante Rechazado en escultura de Chillida “Lugar de encuentros” en la Fundación Juan March

Figura V.26 Pieza rota

Figura V.27 Modelado para tener una unión exacta

Figura V.28 Molde

Figura V.29 Hormigonado en molde

Figura V.30 Pegado de solo en el centro de la superficie

Figura V.31 Repasado en bordes de unión externos

Figura V.32 Pieza restaurada una vez seca.

Figura V.33 Reparación de una nariz desprendida se ha pegado con acetato de polivinilo repasado con mortero en sus hendiduras y una vez secado se está repasando con una Dremel con cabezal cónico romado para piedra.

Figura V.34 a 36 Esquema de reparación de fisura con bocana ancha.

Capítulo VI

Figura VI.1 a 4 Detalles del proceso de corte en negativo. Fotografías tomadas ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 44.

Figura VI.5 a 8 Detalles del proceso del corte con hilo de nicron. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 10.

Figura VI.9 a 12 Detalles del proceso. Colocación de estructura y encofrado. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 45.

Figura VI.13 a 16. Detalles del proceso, vertido de la masa. . Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 46

Figura VI.17 a 20. Detalles del proceso, desencofrado. . Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 47.

Figura VI. 21 y 22. Detalle de la colocación de la pieza en la entrada de la exposición. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 50.

Figura VI. 23 y 24 Fotografías de las dos piezas ejecutadas in situ. La escultura, una vez instalada en el Museo de la Solidaridad Salvador Allende, 2004 350x150x150 cm. Fotografías

tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, páginas 48 y 49.

Figura VI. 25 y 26 “Ferrun y Flora“, 1999, hormigón armado pigmentado. 650x700x150 cm. Explanada cultural del río Biobio, concepción, Chile. Positivo en poliestireno expandido dentro de la exposición. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 12

Figura VI.27 a 28 “Sin Título”, 2001. 240x50x50 cm. Positivos en hormigón pigmentado y poliestireno expandido en la exposición. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 13.

Figura VI.29 y 30 “Sin Título”, 2000, 95x180x65 cm positivos en poliestireno expandido y hormigón pigmentado. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 14

Figura VI.31 y 32 Conjunto escultórico del patio circular de la empresa Cemento Polpaico S.A. en Renca, 2000, 90x100x40 cm realizados en hormigones pigmentados, y positivo de una de las esculturas en poliestireno expandido. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 14

Figura VI.33 y 34 Maqueta realizada en Hormigón mediante negativo en poliestireno expandido, 1998, 30x30x30 cm. Figuras de hormigón pigmentado, 1998, 50x40x20 cm, realizadas en negativo de poliestireno expandido. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 20

Figura VI.34 y 35 Maqueta realizada en Hormigón mediante negativo en poliestireno expandido, 1998, 30x30x30 cm. Figuras de hormigón pigmentado, 1998, 50x40x20 cm, realizadas en negativo de poliestireno expandido. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 22

Figura VI.38 y 39 Figuras 2000, 50x30x30 cm, en hormigón pigmentado y su positivo en poliestireno expandido. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 21

Figura VI.40 Pieza 2002, 100x20x20 cm realizado en hormigón pigmentado en molde textil el artista también investigó este tipo de texturas. Fotografías tomadas de ASSLER, Federico (2004). *Assler, Federico exposición (Moldaje y desmoldaje, hormigón la piedra contemporánea)*. Santiago de Chile: Centro Cultural Matucana 100, página 21

Figura VI.41 Homenaje al río Mapocho “Oda al río”, 1989. 1640 x 140 x 235 cm, Hormigón pigmentado. Parque de las esculturas, Santiago de Chile. Fotografía tomada de Portal del Arte, VVAA, (2010), *Federico Assler*. [en línea]. Santiago de Chile: Portal del Arte [Fecha de consulta 01/03/2013]. <www.portaldelarte.cl>

Figura VI.42 Homenaje al río Mapocho “Oda al río”, 1989. 1640 x 140 x 235 cm, Hormigón pigmentado. Parque de las esculturas, Santiago de Chile. Fotografía tomada de VVAA, (2010), *Federico Assler*. [en línea]. Santiago de Chile: Portal del Arte [Fecha de consulta 01/03/2013]. <www.portaldelarte.cl >

Figura VI.42. Tabla de obras de Chillida en hormigón. Tabla facilitada por el Museo Chillida Leku.

Figura VI.43 Chillida *Homenaje a Jorge Guillen I*, 1981, 207x153x106 cm, realizado en hormigón armado con encofrado de tablonos, situado en el museo Chillida Leku, Guipúzcoa.

Figura VI.44. Detalle de la escultura Chillida, *Homenaje a Jorge Guillen I'*, 1981, 207x153x106 cm, realizado en hormigón armado con encofrado de tablonos, situado en el museo Chillida Leku, Guipúzcoa.

Figura VI.45. Detalle del descascarillamiento de la capa de óxido.

Figura VI.46. Detalle de descascarillamiento y grieta por filtración y helada.

Figura VI.47 y 48. Detalle de descascarillamiento y grietas por filtración y posteriores heladas y detalle de descascarillamiento en esquina.

Figura VI.49. Detalle de descascarillamiento y pérdida de materia.

Figura VI.50. Ampliación de la pérdida de materia posiblemente esta patología sea producida por un impacto en el traslado de la misma, más que por motivo de helada.

Figura VI.51. Detalle de descascarillamiento en esquina se aprecia que es casi constante en los vértices de la misma y con más pronunciamiento en las esquinas.

Figura VI.52. Vista frontal de la escultura , Chillida, *Lugar de encuentros III* o *La Sirena Varada*, 1972, 200x507x175 cm, realizada en hormigón armado, situada en el Museo de Escultura Contemporánea al aire libre de Madrid, Paseo de la Castellana.

Figura VI.53. Vista trasera de la escultura , Chillida, *Lugar de encuentros III* o *La Sirena Varada*, 1972, 200x507x175 cm, realizada en hormigón armado, situada en el Museo de Escultura Contemporánea al aire libre de Madrid, Paseo de la Castellana.

Figura VI.54. La pieza se enfrenta dada su forma a ser sometida a la invasión de chavales que la toman como parte de sus juegos, Chillida, *Lugar de encuentros III* o *La Sirena Varada*, 1972, 200x507x175 cm, realizada en hormigón armado, situada en el Museo de Escultura Contemporánea al aire libre de Madrid, Paseo de la Castellana.

Figura VI.55 y 57. Detalle de afloramiento del mallazo y coqueras en su parte inferior y detalle de aparición de coqueras.

Figura VI.58 y 59. Detalle de coqueras y aparición de varillas estructurales aparente mente por hormigón poco fluido y detalle de aparición de mallazo con afloración de óxidos.

Figura VI.60. Detalle de aparición de mallazo con floración de óxidos.

Figura VI.61. Detalle de Coqueras y floración de mallazo. En este caso no se aprecia una oxidación clara, a diferencia con lo que se aprecia en la anterior fotografía, en la quela oxidación puede haberse formado por fuga del material en el vertido.

Figura VI.62. Detalle de Coqueras y floración de mallazo con oxidación.

Figura VI.63 y 64. En la fotografía se muestra el encofrado extremadamente difícil de la pieza Chillida, *Elogio del agua* 1987, 460x660x400 cm, realizado en hormigón armado y suspendido en el aire mediante unos cables de acero, situada en el Parque Cruela de Coll, Barcelona.

Fotografías de la pieza ya instalada y del encofrado de la misma en su realización. Fotografía tomada de: SUBIRA, Javier. (2010). *Chillida*, [en línea]. Barcelona: Javier Subira. [Fecha de consulta 23/05/2012]. <<http://javierubira.blogspot.com.es/2010/09/>>

Figura VI.65. Vista general de Chillida, *Elogio del agua* 1987, 460x660x400 cm, realizado en hormigón armado y suspendido en el aire mediante unos cables de acero, situada en el Parque Cruela de Coll, Barcelona. Fotografía tomada de CANAAN. (2010), *Elogio del agua* [en línea]. Barcelona: Wikipedia. [Fecha de consulta 23/05/2012].

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chillida_-_Elogio_del_agua.jpg>

Figura VI. 66. Chillida, *Elogio del Horizonte IV*, 1989, 1000x1250x1550 cm, realizada en hormigón armado con encofrado de tablonos, situada en el Cerro de Santa Catalina en Gijón. Fotografía tomada de VVAA. (2010) *Elogio del Horizonte IV*. [en línea]. Gijón: tripadvisor. [Fecha de consulta 23/05/2012]. <<http://www.tripadvisor.es/>>

Figura VI.67 a 72. Detalles del proceso. Fotografías tomadas del libro: HUICI, Fernando. (1990). *Elogio del horizonte una obra de Eduardo Chillida*. Oviedo: Progreso editorial, páginas 19 y 20.

Figura VI.73 a 75. Detalles del proceso. Fotografías tomadas del libro: HUICI, Fernando. (1990). *Elogio del horizonte una obra de Eduardo Chillida*. Oviedo: Progreso editorial, páginas 19 y 20.

Figura VI.76. Vista lateral de la escultura, Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974, 260x510x290 cm, hormigón armado con encofrado de listones, situado en la Calle Castelló frente a la Fundación March, Madrid.

Figura VI.77. Vista lateral de la escultura, Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974, 260x510x290 cm, hormigón armado con encofrado de listones, situado en la Calle Castelló frente a la Fundación March, Madrid.

Figura VI.78. Vista lateral Chillida, *Lugar de encuentros VI*, 1974, 260x510x290 cm, hormigón armado con encofrado de listones, situado en la Calle Castelló frente a la Fundación March, Madrid.

Figura VI.79.Detalle de vértices de la pieza. Se aprecian grietas y fisuras aparentemente son intervenciones posteriores que han vuelto a ser reventadas por la armadura interior.

Figura VI.80 y 81 Detalle de fisuras en un vértice sin intervención producida aparentemente por la introducción de agua y posteriores heladas y detalle de intervención posterior tras haberse producido una pérdida grave de material.

Figura VI.82. Detalle de vértice de la pieza donde se aprecian coqueras que aparentemente son por una falta de estanqueidad del encofrado que ha hecho perder el agua y los finos.

Figura VI.83. Detalle de reparación posterior con mala fijación y pérdida de material de esta misma reparación, la pérdida de material ha llegado al armado.

Figura VI.84 y 85. Detalle de textura de la escultura. La textura plásticamente es muy lucida pero no recomendable para una pieza expuesta al exterior por su facilidad a ser agredida por las inclemencias meteorológicas y detalle de gran coquera aparentemente por una fuga de agua en el encofrado donde se ve claramente que el cemento y el árido finoha desaparecido no abrazando a la grava.

Figura VI.86 y 87. Detalle de restauración desconchada por una mala adherencia del mortero de reparación y detalle de desconche con pérdida de material y posterior reparación de una de ellas, vértice con lavado de cemento de una posible mala mezcla de la dosificación o falta de estanqueidad en el encofrado.

Figura VI.88. Detalle de pérdida de material tapada con una restauración infructuosa dado que gran parte de ella ha desaparecido.

Figura VI.89 Mural de Fuentes del Olmo, *Casa de Médicos*, 1969, 400x500x10 cm Bajorrelieve en hormigón,Córdoba. Y 2 Mural realizado en negativo y reparado in situ.

Figura VI.90. Detalle del Mural de Fuentes del Olmo, *Casa de Médicos*, 1969, 400x500x10 cm Bajorrelieve en hormigón.

Figura VI.91. Fuentes del Olmo, *Mural en los Boliches*, 1970, 250x250x20 cm hormigón y vidrio.

Figura VI.92 a 94. Detalle , Fuentes del Olmo, *mural en los Boliches* 1970, 250x250x15 cm cada relieve, realizados en hormigón y vidrio.

Figura VI.95 y 96. Fotografía del escultor en la parte interior de la iglesia de los Boliches en 1970, 150x9300x10 cm en varios tramos.

Figura VI.97. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.98. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.99. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.100. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.101a. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.101. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.102. Fuentes del Olmo, *Mural del Parque de los Sindicatos de Jaén*, 1970, 150x9300x10 cm con el que introduce en Andalucía la abstracción en el mural.

Figura VI.103 y 104 Fuentes del Olmo, *Mural en el portal del edificio Neptuno*, 1971, 400x1000x10 cm, Granada.

Figura VI.105 y 106. Fuentes del Olmo, *Mural en el portal del edificio Neptuno*, 1971, 400x1000x10 cm, Granada.

Figura VI.107. Fuentes del Olmo, *Mural en el Colegio Mayor de los Salesianos en Córdoba* realizado en 1973, 1000x1000x10 cm, hormigón realizado por modelado en negativo.

Figura VI.108 y 109. Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973, 400x30000x15 cm, realizado en hormigón por modelado en negativo con módulos seriados, Madrid.

Figura VI.110. Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973, 400x30000x15 cm, realizado en hormigón por modelado en negativo con módulos seriados, Madrid.

Figura VI.111. , Fuentes del Olmo, *Relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973, 400x30000x15 cm, realizado en hormigón por modelado en negativo con módulos seriados, Madrid.

Figura VI.112. Fuentes del Olmo, *Dibujo preliminar a los murales para módulos de relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973, 400x30000x15 cm, realizado en hormigón por modelado en negativo con módulos seriados, Madrid.

Figura VI.113 y 114. , Fuentes del Olmo, *Detalles de relieves en calle Luis Cabrera con calle Francisco Giralte*, 1973, 400x30000x15 cm, realizado en hormigón por modelado en negativo con módulos seriados, Madrid.

Figura VI.115 Fuentes del Olmo, *Mural en el Hotel Don Miguel*, 1973, 500x5000x10 cm, Marbella, Málaga.

Figura VI.116 y 117. Fuentes del Olmo, *Detalle de mural en el Hotel Don Miguel*, 1973, 500x5000x10 cm, Marbella, Málaga.

Figura VI.118. Bocetos preliminares para el Detalle de mural en el Hotel Don Miguel, 1973, 500x5000x10 cm, Marbella, Málaga.

Figura VI.119 Fuentes del Olmo, *Detalle de mural en el Hotel Don Miguel*, 1973, 500x500x10 cm, Marbella, Málaga

Figura VI.120. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los Salesianos*, 1973, 1000x3000x10 cm, realizado en hormigón mediante la técnica de modelado en negativo, Granada.

Figura VI.121, Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los Salesianos*, 1973, 1000x3000x10 cm, realizado en hormigón mediante la técnica de modelado en negativo, Granada.

Figura VI.123. Fuentes del Olmo, *Mural fuente Homeyas*, 1977, 300x500x10 cm, realizado en hormigón mediante modelado en negativo. Granada.

Figura VI.124 y 125. *Mural fuente Homeyas*, 1977, 300x500x10 cm, realizado en hormigón mediante modelado en negativo. Granada.

Figura VI.126. Fuentes del Olmo, *Mural para la fachada de la Farmacia Osorio* 1974 150x400x10 cm, hormigón realizado por modelado en negativo, Jaén.

Figura VI.127. Fuentes del Olmo, *Portal de Proalsa en Cánovas* 1975, con un total de 150 metros cuadrados en diferentes medidas y escuadrías, realizado en hormigón modelado en negativo y vidrieras.

Figura VI.128 y 129. Fuentes del Olmo, *Portal de Proalsa en Cánovas* 1975, con un total de 150 metros cuadrados en diferentes medidas y escuadrías, realizado en hormigón modelado en negativo y vidrieras, Málaga.

Figura VI.130 y 131. Fuentes del Olmo, *Fachada para el edificio de COPYRSA* 1975, 4000x8750x20 cm realizada en hormigón armado, encarga al escultor el diseño y la ejecución, Málaga.

Figura VI.132. Fuentes del Olmo, *Mural para el portal del edificio COPYRSA*, 1975, 5000x1500x20 cm, realizado en Hormigón con la técnica de modelado en negativo, Málaga.

Figura VI.133 y 134. Fuentes del Olmo, *Mural para el portal del edificio COPYRSA*”, 1975, 5000x1500x20 cm, realizado en Hormigón con la técnica de modelado en negativo, Málaga. Detalle del mural con alegorías de la ciudad de Málaga y firma del autor

Figura VI.135 y 136. Fuentes del Olmo, *Mural para el portal del edificio COPYRSA*”, 1975, 5000x1500x20 cm, realizado en Hormigón con la técnica de modelado en negativo, Málaga. Detalles del mural y retrato del autor.

Figura VI.137 y 138. Fuentes del Olmo, *Bocetos preliminares para el portal realizado en el edificio de COPYRSA* en Málaga realizado en 1975.

Figura VI.139. Fuentes del Olmo, *Mural en La Castellana de Madrid*, 1978, 180x500x300 cm. Madrid.

Figura VI. 140 y 141. Fuentes del Olmo, *Detalle de mural realizado en La Castellana de Madrid*, 1978, 180x500x300 cm. Madrid.

Figura VI.142 y 143 Fuentes del Olmo, *Mural y vidrieras en la iglesia de Puerto Banús*, 1978, 700x1428x20 cm, Marbella, Málaga,

Figura VI.144 y 145. Fuentes del Olmo, *Detalles del bajorrelieve realizado la iglesia de Puerto Banús*, 1978, 700x1428x20 cm, Marbella, Málaga,

Figura VI.146. Fuentes del Olmo, *Bocetos preliminares a la realización del Mural y vidrieras en la iglesia de Puerto Banús*, 1978, 700x1428x20 cm, Marbella, Málaga.

Figura VI.147. Fuentes del Olmo, *Mural de la Facultad de Teología*, 1979, 300x100x15 cm, realizado en hormigón armado con la técnica de modelado en negativo, Granada, fotografía en el estado original

Figura VI.148. Fuentes del Olmo, *Mural de la Facultad de Teología*, 1979, 300x100x15 cm, realizado en hormigón armado con la técnica de modelado en negativo, Granada, fotografía en el estado actual.

Figura VI.149. Esquema de realización de vidrieras junto con modelado en negativo para hormigón armado.

Figura VI.150. Detalle del reverso del mural y vidrieras de la facultad de Teología de Granada.

Figura VI.151. Fuentes del Olmo, *Mural en el interior de la iglesia de la Facultad de Teología de Granada*”, 1979, 400x800x10 cm, realizado e hormigón armado.

Figura VI.152. Fuentes del Olmo, *Mural en fachada en la Plaza Vieja de Andújar*, 1979, 150x2000x10 cm hormigón armado. Andújar.

Figura VI.153. Fuentes del Olmo, *Mural en fachada en la Plaza Vieja de Andújar*, 1979, 150x2000x10cm, hormigón, Andújar, detalle del mural.

Figura VI.154. Fuentes del Olmo, *Mural en fachada en la Plaza Vieja de Andújar*, 1979, 150x2000x10cm, hormigón, Andújar, detalle del mural.

Figura VI.155. Fuentes del Olmo, *Mural en Almuñécar*, 1979, 400x500x15 cm, hormigón armado. Almuñécar.

Figura VI.156. Fuentes del Olmo, *Mural en Almuñécar*, 1979, 400x500x15 cm, hormigón armado. Almuñécar. Detalle.

Figura VI.157. Fuentes del Olmo, *Mural en Almuñécar*, 1979, 400x500x15 cm, hormigón armado. Almuñécar. Detalle.

Figura VI.158 y 159. Fuentes del Olmo, *Mural en salón particular en Granada*, 1981, 300x400x15 cm, realizado en hormigón, Granada.

Figura VI.160. Fuentes del Olmo, *Mural en la notaría de Andújar*, 1978, 300x500x20 cm, hormigón, Andújar.

Figura VI.161. Fuentes del Olmo, *Mural en la notaría de Andújar*, 1978, 300x500x20 cm, hormigón, Andújar. Detalle de ubicación del mural.

Figura VI.162. Fuentes del Olmo, *Mural en Guarderas*, Granada, 1982, 300x500x10 cm, hormigón. Granada.

Figura VI.163 y 164. Fuentes del Olmo, *Mural en casa de ejercicios San Pablo*, 1982, 400x2500x10 cm, hormigón, Jesuitas de Granada.

Figura VI.165. Fuentes del Olmo, *Mural en casa de ejercicios San Pablo*, 1982, 400x2500x10 cm, hormigón, Jesuitas de Granada. Detalle.

Figura VI.166. Fuentes del Olmo, *Mural en casa de ejercicios San Pablo*, 1982, 400x2500x10 cm, hormigón, Jesuitas de Granada. Detalle.

Figura VI.167 a 169. Fuentes del Olmo, *Murales en parapetos de casa en Andújar*, 1980, 170x17600x15 cm, Hormigón armado, calle San Bartolomé de Andújar.

Figura VI.170. Fuentes del Olmo, *Mural en Iglesia del Polígono de la Cartuja* 1981, 400x3750x10 cm, realizado en hormigón, Sevilla.

Figura VI.171 y 172. Fuentes del Olmo, *Mural en Iglesia del Polígono de la Cartuja* 1981, 400x3750x10 cm, realizado en hormigón, Sevilla. Detalle del estado actual del relieve y boceto preliminar del mismo con hueco para instalar el sagrario.

Figura VI.173 y 174 Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987, 800x3125x15 cm. Realizado en hormigón y poliéster.

Figura VI.175 y 176. Fuentes del Olmo, *Mural en Iglesia del Polígono de la Cartuja* *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987, 800x3125x15 cm. Realizado en hormigón y poliéster.

Figura VI.177 y 178. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987, 800x3125x15 cm. Realizado en hormigón y poliéster. Detalle de las piezas posteriores.

Figura VI.179 y 180. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987, 800x3125x15 cm. Realizado en hormigón y poliéster. Detalle de las piezas posteriores.

Figura VI.181. Fuentes del Olmo, *Mural en la Iglesia de los salesianos en Málaga*, 1987, 800x3125x15 cm. Realizado en hormigón y poliéster. Detalle uno de los paños anteriores en los que se observa el despiece una vez repasado de las piezas.

Figura VI.182. Fuentes del Olmo, *Friso en Casa Recogidas*, 1978, 75x7000x10 cm, hormigón, Granada.

Figura VI.183. Fuentes del Olmo, *Friso en Casa Recogidas*, 1978, 75x7000x10 cm, hormigón, Granada, detalle de uno de los módulos.

Figura VI.184 y 185. Fuentes del Olmo, *Friso en Casa Recogidas*, 1978, 75x7000x10 cm, hormigón, Granada.

Figura VI.186. Fuentes del Olmo, *Lápida M. Cano* 1968, 70x80x10 cm, realizada en técnica de negativo con pátina posterior.

Figura VI.187. Fuentes del Olmo, *Altar Iglesia de Torre del Mar* 1975, 100x300x60 cm, hormigón, Torre del Mar.

Figura VI.188 y 189. Fuentes del Olmo, *Altar Iglesia de Torre del Mar* 1975, 100x300x60 cm, hormigón, Torre del Mar. Detalles.

Figura VI.190. Fuentes del Olmo, *Cristo*, 1979, 190x170x35 cm, hormigón, Iglesia de Puerto Banús.

Figura VI.191. Fuentes del Olmo, *Cristo, Boqueti*, 1978, 500x450x65 cm, hormigón, Fuengirola.

Figura VI.192 y 193. Fuentes del Olmo, *María Auxiliadora* 1973. 300x100x100 cm, hormigón, Córdoba.

Figura VI.194. Fuentes del Olmo, *María Auxiliadora* 1974, 250x65x75 cm, Imagen en hormigón. Linares.

Figura VI.195 y 196. Vista general y detalle de la parte frontal del edificio, Museo del hormigón de Ángel Mateos

Figura VI.197 y 198. Detalle de arcadas de la entrada del museo

Figura VI.199. Mateos, *Autorretrato del escultor*. 1967, hormigón, 80x40x35 cm

Figura VI.200 y 201. Dentro de esta serie están entre otras: Mateos, *El profeta, Moisés*, 1960, hormigón, 180x60x60 cm. Museo del Hormigón Ángel Mateos

Figura VI.202 y 203. Mateos, *Profetas*, 1960, hormigón, 180x40x40 cm. Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI.204. Mateos, *Cíclope* 1960, hormigón, 400x700x300 cm, Unión Deportiva de Salamanca, conmemorativa por el ascenso a Primera División de la U. D. S. Fotografía tomada de GÓMEZ, Pablo, (2007). *Ángel Mateos*, [en línea] Madrid: Escultura urbana. [fecha de consulta 08/09/2014]. <<http://www.esculturaurbana.com/paginas/matba001.htm>>

Figura VI.205 y 206. Mateos, *Cristo* 1960, hormigón, 170x60x60 cm, Museo del Hormigón Ángel Mateos. Catedral, 1960, hormigón, 180x120x120 cm, Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI.207 y 208. Mateos, *Hormigón en su tiempo* 1967, hormigón, 60x70x60 cm, Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI. 209. Mateos, *Tiempo del hormigón*, 1960, hormigón, 60x40x40 cm. Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI. 210 y 211. Mateos, *Tesis y antítesis del espacio* 1969, piezas de 70x50x27 cm, hormigón, Museo del Hormigón Ángel Mateos. Fotografía tomada del libro de ORTEGA,

María Teresa.(1994). *Ángel Mateos, serie escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid, página 47.

Figura VI.212 y 213. Fotografía realizada en 1971 por Ángel Mateos de su pieza Mateos, *La edad del Hormigón*” recién inaugurada en 1971.Hormigón Armado, 1164x480x720 cm. Autopista del Mediterráneo, obra premiada en el concurso.

Figura VI.214. Boceto preliminar de la escultura Mateos, *La edad del Hormigón*” 1974, hormigón, 52x24x36 cm, Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI.215. Detalle de Mateos, *serie Menhires*.1974, Menhir I, 20x37x38 cm, Menhir II, 15x47x48 cm, Menhir III, 30x72x53 cm, realizadas en hormigón, Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI. 216. Mateos, *Flexión VI*, 1975, 10x17x32 cm, hormigón, en la fotografía en artista coloca la pieza en la Plaza Mayor de Salamanca puntualmente. Fotografía tomada del libro de ORTEGA, Maria Teresa.(1994). *Ángel Mateos, serie escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid, página 58.

Figura VI.217 y 218. Detalle del grupo de la serie flexiones donde introduce de forma genérica en ellas pliegues con paramentos curvos 1975, hormigón. Mateos, *Flexión I* 75x105x126 cm, *Flexión II* 70x90x135 cm, *Flexión III* 70x102x141 cm, *Flexión VII*, 10x17x32 cm, *Flexión VIII*, 13x11x40 cm, *Flexión IX* 36x19x13. Museo del Hormigón de Ángel Mateos.

Figura VI. 219 y 220. Mateos, *Inversión VIII* 1999, 2200x1500x1000 cm, hormigón Ciudad de Valladolid en conmemoración del VI Centenario de la Ciudad. Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figura VI. 221. Fotografías durante la ejecución de la escultura Mateos, *Inversión VIII*. Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figura VI.222. Vista cenital de una de las naves del museo en la que destacan piezas de las series de; Torsiones, Homenajes Inversiones y pilonos, a la derecha detalle de la sala con esculturas de la serie inversiones.

Figura VI.223 y 224. Vista de la nave en la que se aprecian Neolitos y vista en la que se aprecian Pilonos y al fondo Inversiones y Homenajes.

Figura VI.225 y 226. Vista de esculturas de Mateos, *Desplazamientos*” y detalle de “*Desplazamiento VI*” 1982, 30x8x8 cm hormigón en estas series ya no utiliza unos encofrados que marquen los litones de madera para unos paños límpios sin textura rugosa apreciable, Fotografía tomada del libro de ORTEGA, María Teresa.(1994). *Ángel Mateos, serie escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid, página 98..

Figura VI.227 y 228. Vista general de piezas de la serie Horizontales en el Museo del Hormigón Ángel Mateos.

Figura VI. 229. Mateos, *Horizontal III* 1981, Hormigón, 70x12x10 cm. Fotografía tomada del libro de ORTEGA, María Teresa.(1994). *Ángel Mateos, serie escultores españoles*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid, página 86.

Figura VI.230 y 231. Vistas de la ejecución del Obelisco, 1994, 255x400x300 cm, hormigón armado, Villavieja de Yeltes. Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figura VI.232 y 233. Vista con el autor viéndose la proporción entre persona y la escultura, podemos apreciar la gran altura que alcanza la escultura de Mateos, *Obelisco*, 1994, 255x400x300 cm, hormigón armado en Villavieja de Yeltes. Fotografías facilitadas por Ángel Manuel Mateos.

Figura VI. 234. Moore, *Cabeza de Mujer*, 1926, 22.8cm. Hormigón. City Art Gallery and museum, Wakefield. Imagen tomada del libro LEER, Herbert. (1949). *Henry Moore Sculpture and drawings*. Londres: Percy Lund, Humphries, & Co, página 61.

Figura VI. 235. Moore, *Niño mamando*, 1927, 43.2cm. Hormigón. Obra destruida. Imagen tomada del libro LEER, Herbert. (1949). *Henry Moore Sculpture and drawings*. Londres: Percy Lund, Humphries, & Co, página 58.

Figura VI.236. Mujer Reclinada / 1927.63.5cm. Hormigón, Col. Irina Moore. Imagen tomada del libro MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 35.

Figura VI.237. Detalle de Moore, *Mujer Reclinada* Imagen tomada del libro MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 35.

Figura VI. 238 y 239. Moore, *Máscara*, 1929, 20cm. Hormigón, Col. Irina Moore. “Máscara”, 1929, 21,6cm. Hormigón. Col. Lady Hendy, Oxford. Imágenes tomadas del MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 39.

Figura VI. 240 y 241. Moore, *Media Figura*, 1929, 36,8 cm. Hormigón coloreado. British Council, Londres.

Figura VI. 242. Moore, *Figura reclinada*, 1932, 1.09 m. Hormigón. City Art Museum, San Luis. Imagen tomada del libro MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 53.

Figura VI. 243 Moore, *Composición*, 1933, 58.4cm. Hormigón. British Council, Londres. Imagen tomada del libro MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 55.

Figura VI. 244. Detalle de las incisiones. Imagen tomada del libro MOORE Henry. (1981). *Henry Moore Escultura*. Barcelona: Polígrafa, S.A, página 55.

Figura VI.245. En la fotografía superior se encuentra realizando del mural para el edificio de la Mutual Insurance Company of Hartford en Connecticut. 1957. Fotografía tomada de NIVIOLA Costantino. (2010), *Museo Nicola*, [en línea], Italia: Nivola. [Fecha de consulta 25/08/2014]. <<http://www.museonViola.it/>>

Figura VI. 246. Relieve realizado en la técnica de sand-casting para el edificio de la Mutual Insurance Company of Hartford en Connecticut. 1957. 900x 3300 x 10 cm con 132 elementos

de 300x75x10cm. Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 67.

Figura VI.247. Detalle de un relieve realizado en 1951 en Hartford,USA. Detalle de fotografía tomada del libro “Le Béton dans l’art contemporain”, de JORAY, Marcel. (1977). *Le Béton dans l’art contemporan*.Neuchâtel: Griffon. Vol 1, página 54.

Figura VI.248. Costantino Nivola realizando un mural con la técnica de sand-casting en su estudio de Springs en el año 1950. Se aprecia que el modelado lo realiza con una espátula de albañilería. Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 58.

Figura VI.249. Relieve realizado con la técnica de modelado en negativo en arena en 1959, 94.5x154x8cm, para el Centro de Exposiciones de la Plaza Mc Cormik de Chicago, USA (desgraciadamente destruida por un fuego en el edificio). En esta pieza se puede apreciar claramente la textura de la arena dejada en el relieve. Fotografía tomada de NVIOLA, Galería Pittorica, VVAA. (2010). *Nivola*, [en línea] Italia: pittorica. [Fecha de consulta 24/08/2014]<http://www.pittorica.it/scripts/comunicatistampa/visualizza_news.php?idnotizia=866>

Figura VI.250. Costantino Nivola trabajando en su estudio de Long Island 1958. Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 59.

Figura VI.251. Mural para la oficina de correos de Bridgeport en 1966,400x1900x30 cm, realizado con la técnica del sand-casting. Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 202.

Figura VI.252. Colocación del conjunto escultórico realizado en hormigón en 1972, piezas de 110x100x70 cm para el Intermediate School 183 del Bonx en Nueva York. Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 73.

Figura VI.253 y 254. Detalles del conjunto escultórico del Intermediate School 183 del Bronx en Nueva York. Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 73.

Figura VI.255 y 256. Nivola,*Il Maestro Muratore**Il Manovale* Piezas realizadas en Hormigón en 1974 situadas en el Museo del artista en su ciudad natal de Orani con dimensiones aproximadas de 74,6x58x29,8 cm y 75,8x57,3x35,2 cm . Fotografía tomada del Libro de ALTEA, Giuliana. (2005). *Costantino Nivola*Nuoro: Ilisso, página 72.

Figura VI.257. Exposición retrospectiva de Costantino Nivola por la empresa Red grupo en 1999 en Milan. Fotografía tomada de RED Grupo, VVAA. (2010), *Nivola*, [en línea] Italia: Red grupo [Fecha de consulta 24/08/2014) <http://www.redgruppo.com/nVIola_cover.htm#>

Figura VI. 258 y 259. Nivola, *Estación 7*, 1968, 1200x500x500 cm, realizada en hormigón armado, Ciudad de México. Fotografía tomada de Pyramide Beach VVAA. (2011), *Nivola Route of the Friendship* [en línea] Mexico: Pyramid Beach [Fecha de consulta 24/08/2014) <<http://pyramidbeach.com/2011/03/15/the-route-of-friendship/constantino-nivola/>>

Figura VI. 260. Nivola, *Family Beach High School*, Queens, 1974, 400x600x600 cm, NY. Realizada en hormigón armado. Fotografía tomada de Touch, VVAA. (2012). *Nivola*. [en línea] EEUU: Selimozalp. [Fecha de consulta 24/08/2014) <<http://selimozalp.blogspot.com.es/search/label/SCULPTURE>>

Figura VI. 261. Nivola. *Sardinian Widow*, 1984, 41x76x20 cm, realizada en hormigón mediante modelado y vaciado en este material. Fotografías tomadas del libro JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 2, página 86.

Figura VI. 262. Nivola, *Sardinian Widow*, 1984, 81x89x25 cm, realizada en hormigón mediante modelado y vaciado en este material. Fotografías tomadas del libro JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 2, página 86.

Figura VI. 262. Oteiza, *Formas lentas cayéndose y levantándose en el laberinto*, 1957, 81 x 482 x 10 cm. (alto x ancho x fondo). Hormigón celular, madera y acero. Fotografía aportada por el Museo Oteiza.

Figura VI. 263 a 266. Detalles donde se aprecian que las piezas no están incrustadas, sino tan solo ancladas y las ranuras lineales que rayaba sobre el hormigón y relieve colocado actualmente en el museo.

Figura VI. 267 y 268. Oteiza, *Virgen de Kukuarri*, 1953, Guipúzcoa, 59 x 28 x 26 cm. Hormigón. Fotografía aportada por el Museo Oteiza. Víctor Embil, 1933, Guipúzcoa, 95 x 70 x 25 cm.. Hormigón. Fotografía aportada por el Museo Oteiza

Figura VI. 269 y 270. Oteiza, *Mujer sentada*, 1950, 34,5 x 22,7 x 17,4 cm. (alto x ancho x fondo). Hormigón. Fotografías aportadas por el Museo Oteiza

Figura VI. 271 y 272. Oteiza, *Comprendiendo políticamente*, 1935. Reproducción en bronce de una pieza realizada en hormigón. Esta pieza está en su estado original (hormigón) en el Museo Reina Sofía de Madrid.

Figura VI. 273. Oteiza, *Comprendiendo políticamente*, 1935. Guipúzcoa, 40x30x30 cm Hormigón. Museo Reina Sofía de Madrid. Fotografía tomada de VVAA. (2010). *Oteiza*. [en línea] Madrid: Buscatriz. [Fecha de consulta 24/08/2014). < <http://www.buscatriz.com/>>

Figura VI. 274. Oteiza, *Franciscano*, 1953 37 x 21 x 21 cm. (alto x ancho x fondo) Hormigón. Fotografía aportada por el Museo Oteiza.

Figura VI. 275 a 277. Detalles de la pieza en su ubicación actual en el museo.

Figura VI. 278. Oteiza, *Adán y Eva, Tangente S=E/A* 1931, Guipúzcoa, Hormigón. 42x47x15 cm. Imagen tomada de Centros 5, VVAA. (2010). *Oteiza*, Madrid: MEC [Fecha de consulta 24/08/2014]. <<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Arte/oteiza/oetiza.htm>>

Figura VI.279. Oteiza, *Visitación de la Virgen a su prima Santa Isabel*. 1949, Guipúzcoa. Hormigón 12,5 x 4,5 x 3,5 cm. Fotografía aportada por el museo.

Figura VI. 280 y 281. Oteiza, *Figura, D/1953*. 37 x 15 x 12 cm. hormigón celular. Estudio de relieve 1956-1958 13,2 x 19,1 x 2,8 cm. Hormigón celular y acero. Fotografía aportada por el museo

Figura VI.282. Oteiza, *Estudio de relieve/1956-1958*, 14,4 x 11,9 x 5,8 cm. Hormigón celular. Fotografía aportada por el museo.

Figura VI. 283 y 284. Detalles de piezas realizadas en Hormigón celular y alambre dentro de la instalación “*Laboratorio experimental*”.

Figura VI. 285. Detalle de pieza realizada en Hormigón celular y alambre dentro de la instalación “*Laboratorio experimental*”.

Figura VI. 286. Detalle de la instalación “*Laboratorio experimental*”. Fotografía tomada del catálogo de la exposición *Oteiza, mito y modernidad* 2005, ed FMGB. Página 2.

Figura VI.287. Detalle del taller de tizas.

Figura VI.288. Dentro del taller de tizas existen unos bocetos de lo que luego fue a ser el *monumento al peregrino* situado en Valcarlos (Roncesvalles) la entrada del Camino de Santiago en España.

Figura VI.289 y 290. Oteiza, *Monumento al Peregrino* y vista trasera del Monumento al Peregrino / localidad de Valcarlos vista lateral 3100x2100x100 cm metros. Hormigón armado. Fotografía tomada de Roncesvalles, VVAA. (2010), *Oteiza*, [en línea] Navarra: Roncesvalles [Fecha de consulta 24/08/2014]. <www.Roncesvalles.es .>

Figura VI.291. José Luis Sánchez, *Retablo de la Capilla de la casa de Ejercicios Espirituales de las Religiosas del Sagrado Corazón de Jesús (Madrid)* 1961 Bronce, Plata y cemento dorado, 300x400 cm. Arquitecto José Luis Fernández del Amo. Este retablo fue medalla de Oro de la III Bienal de Arte Cristiano de Salzburgo 1962. ¹ Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 47.

Figura VI.292. José Luis Sánchez, *Retablo de la Parroquia de los Remedios (Sevilla)*/ 1962. Hormigón y chapa de latón 1200x200 cm. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 49

Figura VI.293. José Luis Sánchez, *Iglesia Parroquial de Santa Ana, Moratalaz (Madrid)*, 1967. Arquitecto: Miguel Fisac

Figura VI.294 y 295. José Luis Sánchez, *Detalle de la Santa Generación de la Iglesia Parroquial de Santa Ana* 1967, Madrid, Hormigón sobredorado, 150x100x100.

Figura VI.296 a 298. Detalles más cercanos del conjunto escultórico de la Virgen con Jesús y Santa Ana al fondo. 1967, Madrid, Hormigón sobredorado, 150x100x100.

Figura VI.299 y 300. Detalle del José Luis Sánchez, *Cristo de la Iglesia de Santa Ana*. 1967, Madrid, Hormigón sobredorado, 200x200x50 cm.

Figura VI.301. Detalle de José Luis Sánchez, *Cristo de la Iglesia de Santa Ana* se aprecia el nexo de unión entre los brazos y el torso. 1967, Madrid, Hormigón sobredorado, 200x200x50 cm.

Figura VI.302 y 303. Detalle de José Luis Sánchez, *Niña Ana* junto al Sagrario de la Iglesia de Santa Ana del barrio de Moratalaz en Madrid, 1967, Madrid, Hormigón sobredorado, 100x50x40 cm.

Figura VI.304 y 305. José Luis Sánchez, *Doríforo*, 1963; Hormigón patinado; 85x38x25cm. Torso de Adán, 1963; hormigón patinado; 88x40x30cm. Imágenes tomadas del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, páginas 67 y 69.

Figura VI.306. José Luis Sánchez, *Relieve en el Real Automóvil Club de España RACE* (Madrid)/1966; Hormigón y Chatarra 300x500cm. Arquitecto del edificio Carlos de Miguel. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 206

Figura VI.307. José Luis Sánchez, *Relieve Interior de la Sala de Conferencias de la Dirección General de RENFE* (Madrid) /1966; Hormigón y traviesas; 200x500cm. Arquitectos: Anasagasti y Fernando Barandiarán. Imagen tomada del Libro del artista “SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 207

Figura VI.308. José Luis Sánchez, *Relieve en La Consejería de Hacienda*, de la Comunidad de Madrid, (antes Banco de Madrid)/ 1966; hormigón; 160x800cm. Arquitecto: Antonio Bonet Castellana. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 210.

Figura VI.309. José Luis Sánchez, *Relieve en el Hotel Barajas* (Madrid) / 1968; hormigón, latón y cobre; 400x250cm. Arquitectos: Francisco Echenique y Santiago Biosca. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 211.

Figura VI.310. José Luis Sánchez, *Albergue de osos pardos*, Parque zoológico de Madrid/1971; hormigón; 600x3500cm. Arquitecto Carvajal en colaboración con Julián Colmenares. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 215.

Figura VI.311. José Luis Sánchez, *Homenaje a Gutenberg*, Prensa Española (Madrid), 1988; Hormigón; 500x22x200cm. Arquitectos: Anasagasti y Fernando Barandiarán. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 225

Figura VI.312. José Luis Sánchez, *Hospital Gregorio Marañón* (Madrid), 1989; hormigón; 150x200x100cm. . Arquitecto: *Javier Carvajal*. Imagen tomada del Libro del artista SÁNCHEZ José Luis. (2010), *José Luis Sánchez, trayectoria de un escultor*. Toledo: ed CACM, página 230.

Figura VI.313. Hospital Gregorio Marañón (Madrid), 1989; hormigón; 150x200x100cm (estado actual de la obra).

Figura VI.314 y 315. Detalle y croquis de Javier Sauras, *Monumento conmemorativo*, Viviendas Vizcaya, 1971. Hormigón armado, 700x250x100 cm Baracaldo. Fotografía facilitada por el artista

Figura VI. 316. Javier Sauras, *Retrato a Miguel de Unamuno*, 1972, 100x60cm, Hormigón. Rectorado de la Universidad del País Vaso. Fotografía facilitada por el artista

Figura VI. 317. Javier Sauras, *Llave del Camino*, 1996, 700x300x300 cm, realizada en hormigón armado. Fotografía facilitada por el artista

Figura VI.318 y 319. Javier Sauras, *Parte frontal de la escultura “Llave del Camino”*, 1996, 700x300x300 cm, realizada en hormigón armado. Fotografía facilitada por el artista

Figura VI.320. Javier Sauras, *Llave del Camino*, 1996, 700x300x300 cm, realizada en hormigón armado. Fotografía facilitada por el artista

Figura VI.321. Javier Sauras, *Triple Estela*, 2002, 150x180x150 cm, hormigón. Monumento a la Familia Ramón y Cajal, Museo de Larrés

Figura VI.322 y 323. Vistas laterales de Javier Sauras, *Triple Estela 2002*, 150x180x150 cm, hormigón. Monumento a la Familia Ramón y Cajal, Museo de Larrés

Figura VI.324 a 328. Detalles de ejecución, formación de líquenesy de vandalismo con la realización de pintadas sobre la pieza.

Figura VI.329 y 330. Javier Sauras, *Emanatio Aurorae*, 2003, hormigón, 27x23x23cm. *Corpus Pitagoricum*, 2003, hormigón, 20x15x37cm SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Figura VI.331 y 332.Javier Sauras, *Sublimatio (spiritusmundi)*, 2003, hormigón, 30x40x44cm.*Opus augurale(Et in Arcadia ego)*, 2003 hormigón, 41x15x41cm. SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Figura VI.333 y 334.Javier Sauras, *Aggregatio (studium aeternitatis)*, 2003, hormigón, 51x26x16cm. Javier Sauras, *Arcanus sapientiae*”, 2003, hormigón, 51x23x19cm. SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Figura VI. 335 y 336. Javier Sauras, *Coagulatio (in lapidem cogere)*, 2003, hormigón. 24x35x49cm .*Tabula smaragdina*, 2003, hormigón. 76x30x13 cm. SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Figura VI.337 y 338. Javier Sauras, *Virago*, 2003, hormigón. 33x27x51cm. *Omen*, 2003, hormigón. 34x36x23cm SAURAS, Javier. (2003). *Alchimia Materiae Sculpturae*, Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.

Figura VI.339. Sempere, Banco en S, 1972. 120x40x30cm. Hormigón. Museo de Arte Contemporáneo al aire Madrid, Paseo Castellana.

Figura VI.340. Sempere, *Fuente* /1972,300x 200x500. Hormigón. Museo de Escultura Contemporánea al Aire libre de Madrid, Paseo de la Castellana.

Figura VI.341. Vista general de la escultura de Eusebio Sempere *Fuente*

Figura VI.342 y 343. Boceto de la pieza realizado por el artista indicando el ancho de los mismos así como la colocación de cada una de las piezas. La pieza consta de dos módulos diferentes.

Figura VI.344 y 345. Bocetos de la pieza *Fuente* detalles de la pendiente de los módulos.

Figura VI.346. Vaquero Turcios, *Mirador de Sálime*, Principado de Asturias. Actualmente le llaman coloquialmente “La boca de la Ballena”, 1955, Hormigón armado,10000x6000x4000 cm.

Figura VI.347 y 348. Dos fotografías del proceso de construcción del Mirador de Sálime en 1955. Fotografía tomada del Libro VAQUERO, Joaquín. (1996). *Vaquero Turcios, Frente al Arquetipo*. Burgos: Junta de Castilla y León, página 109.

Figura VI.349 y 350. Vaquero Turcios, *Iglesia de El Salvador de Soria*, 1970, Hormigón armado, relieves de 18000x6000 cm y 4000x8000 cm Fotografía tomada del Libro VAQUERO , Joaquín. (1996) *Vaquero Turcios*. Oviedo: ed. Camco. Centro de Arte Moderno de la Ciudad de Oviedo, página 75.

Figura VI.351. Vista general de la Iglesia de El Salvador en Soria, 1970.

Figura VI.352 y 353. Vaquero Turcios, *Símbolos de Alquimia*, 1979. Central Hidráulica de Proaza, Mural en hormigón 8000x8000x50 cm realizados en módulos en moldes de un metro por un metro. Fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 2, página 120 y Fotografía tomada de VVAA. (2011), *Vaquero Turcios*. [en línea]Oviedo: wordpress. [Fecha de consulta].
<<http://foroproaza.wordpress.com/tag/joaquin-vaquero-palacios/>>

Figura VI.354. Vaquero Turcios, *Relieve en hormigón*, 1979. Madrid. Paradero desconocido. Fotografía tomada del libro JORAY, Marcel. (1987). *Le Béton dans l'art contemporain*. Neuchâtel: Griffon. Vol 2, página 122.

Figura VI.355. Vaquero Turcios, *Monumento al descubrimiento de América*, 1977, Madrid, hormigón armado, 9000x2000x1800 cm, vista desde la calle Serrano.

Figura VI.356. Vaquero Turcios, *Monumento al descubrimiento de América*, 1977, Madrid, hormigón armado, 9000x2000x1800 cm, vista desde plaza de Colon.

Figura VI.357. Vaquero Turcios, *Monumento al descubrimiento de América*, 1977, Madrid, hormigón armado, 9000x2000x1800 cm, vista desde plaza de Colon.

Figura VI.358. Vaquero Turcios, *Monumento al descubrimiento de América*, 1977, Madrid, hormigón armado, 9000x2000x1800 cm, vista desde la calle Serrano.

Figura VI.359. Vaquero Turcios, *Monumento al descubrimiento de América*, 1977, Madrid, hormigón armado, 9000x2000x1800 cm, vista desde plaza de Colon.

Figura VI.360 y 361. Detalle de formación de hendiduras superponiendo a los planos de encofrados prismas de sección triangular.

Figura VI.362 y 363. Símbolos del Escudo Español con Castilla y León las barras de Aragón, la Granada del reino de Granada y las barras cruzadas de Navarra, y detalle de barras en las que afloran las armaduras.

Figura VI.364 y 365. Dos vistas más cercanas del relieve de Colon.

Figura VI.366 y 367. Detalle de indígenas y foráneos.

Figura VI.368. Detalle de figuras de abanderados.

Figura VI.369 y 370. Detalle del espolón del conjunto.

Figura VI.371 y 372. Picado a puntero en salteado. En las zonas donde hay texto deja la tersura del encofrado con la lechada en visto en otras picado a puntero en pequeñas líneas en paralelo

Figura VI.373. Picado en líneas paralelas con perforadora hidráulica (picado demasiado profundo dejando aflorar las armaduras).

Figura VI.374. Textura en basto sin chorro de arena.

Figura VI.375. Textura en basto con y sin chorro de arena. Se puede observar que el árido utilizado es de machaque con arista no de canto rodado.

Figura VI.376. Detalle de cuatro restos de tirantes del encofrado formando un cuadrado. Los tirantes iban formando una retícula para que la presión del hormigón no deformase los encofrados y estaban dispuestos a una distancia de unos cincuenta centímetros aproximadamente entre ellos.

Figura VI.377. Afloramiento de armaduras. Oxidamiento de las mismas y desconche y rotura de la pasta.

Figura VI.378 y 379. Detalle de oxidaciones por aparición de armaduras.

Figura VI.380. Una de las pocas coqueras que aparecen en la gran superficie de la escultura.

Figura VI.381. Fisuras por retracción; puede que sean bien por un secado rápido y absorción de agua por el encofrado, o porque esa parte de la lechada no hubiese sido bien mezclada y tuviese demasiado cemento en la pasta, opción ésta más improbable. Se puede ver como las letras del texto fueron pintadas posteriormente al desencofrado.

Figura VI.382. Vista desde el sur del *Monumento a Goya*.

Figura VI.383. Vista desde el sur del *Monumento a Goya*.

Figura VI.384 y 385. Vistas desde levante y poniente del *Monumento a Goya*.

Figura VI.386 a 387. En estas tres imágenes vemos como el artista ha conseguido distintas texturas, sumando a los encofrados generales de volumen planchas irregulares de madera o poliestireno expandido de alta densidad a las cuales les ha realizado distintas incisiones aparentemente con una herramienta semejante a un hacha que al sustraer material forma volumen al hormigonar.

Figura VI.388. Las letras fueron recalcadas con pintura y las partes dañadas con grafitis han sido recientemente pintadas para taparlos.

Figura VI.389 y 390. Toda la superficie que no tiene texturas o está grafiada, fue tratada con baidarín para terminas con la lisura del encofrado.

Figura VI.391 y 392. Detalle de la formación de las letras de GOYA con prismas de sección triangular.

Figura VI.393 y 394. Detalles de las zonas más rugosas para la realización de relieves abstractos.

Figura VI.395. Maqueta preliminar al Monumento a Goya se aprecia una textura mucho más rugosa que la final adoptada. Fotografía tomada del Libro VAQUERO, Joaquín. (1996). *Vaquero Turcios, Frente al Arquetipo*. Burgos: Junta de Castilla y León, página. 87.

Capítulo XI

Resúmenes.

XI-1 Resumen en castellano.

Debido a mi formación previa como Arquitecto Técnico y tras mis estudios de Bellas Artes, decidí que el tema de mi tesis doctoral englobase ambos campos. Elegí como base de investigación el hormigón, un material muy utilizado y estudiado en el campo de la Arquitectura y la construcción, siendo un gran desconocido desde el punto de vista de su aplicación en la Escultura.

El hormigón se ha configurado como el material protagonista en la Arquitectura a lo largo del siglo XX y sigue siendo la opción constructiva más relevante, al margen del avance de otros materiales más tecnológicos. Este desarrollo constante ha ido generando una vasta documentación técnica (Prontuarios, Manuales, Fichas técnicas...). Se ha escrito muchísimo sobre el hormigón, pero al no ser un material estático, su conocimiento no está acotado, sigue evolucionando y mejorando gracias a la inversión en investigación que requiere constantemente el mundo de la construcción.

Sin embargo, frente al amplio conocimiento y desarrollo en este campo, existe un gran vacío en cuanto a documentación del material en su aplicación en el mundo de la Escultura y es objetivo de esta tesis el poder aportar información sobre esta técnica, para poder ser una ayuda en la investigación del material, como de base para la realización de piezas o el estudio de obras ya realizadas en el mismo.

Desde siempre, según han ido apareciendo nuevos materiales y herramientas, los escultores han investigado las distintas aplicaciones de estos avances para intentar incorporarlas a su obra. En el caso del hormigón armado, desde su nacimiento a principios del siglo pasado, ha empezado a utilizarse asumiéndose su carácter de material escultórico, especialmente entre los años sesenta y ochenta. Pero a pesar de ser uno de los materiales nuevos más utilizados en escultura para piezas de grandes dimensiones, no cuenta aún con suficiente difusión a nivel docente.

El hormigón otorga unas posibilidades enormes a la escultura, pudiendo hacer piezas similares a la piedra pero con formas que en piedra resultarían imposibles por su volumen y por su forma. Desde obras tan descomunales como el monumento al descubrimiento de América de la plaza de Colón de Madrid, del escultor Vaquero Turcios, a formas con tanto intersticio como las de Federico Assler. Estas obras en piedra llevarían años de ejecución y serían implantables económicamente en la mayoría de los casos.

El desarrollo de la escultura dentro del campo del Paisajismo y del Urbanismo, ha llevado a un gran cambio de escala, lo que ha potenciado también la necesidad de otros materiales y técnicas. El hormigón en sí es un material extraño, no proviene directamente de la naturaleza como la piedra o la madera, pero el hombre lo emplea para poder generar una piedra líquida, un fluido que posteriormente vuelve a ser pétreo. Es por tanto un material artificial de acabado natural.

Este material tremendamente expresivo, es el que mejor traslada la sinceridad espacial, gracias a su capacidad de convertirse en elemento portante al mismo tiempo que piel, textura y recubrimiento. Sus enormes posibilidades estéticas, su libertad formal, se configuran gracias a su continuidad, a la maleabilidad propia del material, fluido en sus primeras fases, lo que le confiere grandes ventajas para la escultura.

Cada material genera un resultado formal propio, que en el caso del hormigón resulta muy vasto, precisamente por la sinceridad que le confiere su ejecución.

Frente a esta gran libertad formal que permite expresar conceptos completamente opuestos y texturas infinitas, el hormigón en sí mismo exige una gran cantidad de requerimientos técnicos y necesita una estricta racionalidad técnica en su ejecución, con muchísimas peculiaridades. Es curioso lo sensible y vulnerable que resulta a cualquier variación en todas sus fases, frente a la gran resistencia e imagen de robustez que adquiere una vez terminado. Todas sus cualidades son muy sensibles a todos los procesos previos, desde su dosificación inicial, amasado, vertido, vibrado y fraguado hasta la fase de curado final, por eso es tan necesario el control y conocimiento del material. Cualquier error en su elaboración o ejecución posterior resulta irreversible.

Es un material que parece que tiene vida, totalmente dócil, pero a la vez requiere seguir sus reglas, necesita sus tiempos, de mezcla, de amasado, de ejecución de moldes y encofrados, una correcta colocación de armaduras, de vertido con tranquilidad para un reparto homogéneo, y es necesario mimar su gestación en el fraguado y endurecimiento. Todo esto forma parte de un adecuado proceso escultórico.

El envejecimiento y deterioro de muchas esculturas de hormigón colocadas por lo general a la intemperie, lo que hace que sufran numerosas patologías, abre un nuevo campo a la restauración y demuestra la vulnerabilidad de sus componentes. Este deterioro en la mayoría de los casos se ha producido por una mala ejecución. Analizando estos problemas, podremos preverlos, explicar su origen y aportar soluciones para reducir dichas patologías.

Analizando todo lo anterior concreto que la tesis de este trabajo de investigación es suscribir la idoneidad de este material como material escultórico estudiando sus propiedades y sus limitaciones en este ámbito.

Para alcanzar dicha hipótesis esta tesis se divide en cuatro direcciones metodológicas:

- Una primera parte eminentemente práctica destinada a la difusión del hormigón como material escultórico, donde se proporcionan unos conocimientos básicos del material y de los procedimientos de la técnica aplicada a la escultura. También se aporta una breve historia del material en la que se ve su evolución desde hace más de dos mil años desde sus primeras apariciones en Puzzoli, aunque realmente en la Escultura no aparece como tal hasta principios del siglo XX como material definitivo.
- Una segunda parte aporta un estudio de las últimas investigaciones y productos que se están realizando, para poder ver sus futuras aplicaciones en la escultura y las últimas piezas, indicándonos cuál es el camino que están tomando los escultores con el mismo, amoldando y utilizando las últimas tecnologías a este material.
- Posteriormente se reflejan todas las posibilidades que ofrece el material, analizando esculturas que se han realizado hasta la fecha en hormigón. En este apartado se enuncian sus propiedades y carencias, los distintos tipos de acabados, su composición a base de distintos tipos de cemento, áridos y aditivos que existen para modificar las propiedades del hormigón, tanto en sus procesos químicos como en los resultados visuales.
- Por último, para comprobar sus limitaciones el mejor camino es estudiar sus patologías, investigando su procedencia, métodos de prevención y la posibilidad de restaurarlas.

No queriendo que la tesis se quedase en una mera guía del material, se ha incorporado una radiografía genérica del espectro de la escultura en hormigón, con una amplia recopilación de esculturas, dando como resultado una síntesis de la utilización de esta técnica en estos últimos

cien años. Se ha investigado a escultores que se han apoyado en esta técnica para realizar sus piezas, viendo los resultados que han obtenido y los problemas que han podido encontrarse en el camino. La mayoría de ellos me han transmitido con toda generosidad cómo realizaron sus obras con amplio detalle. Ha sido emocionante ver los logros que han tenido con el material y con qué humildad me lo han transmitido.

Por tanto toda esta labor de información generada en este trabajo de investigación se convierte en un instrumento práctico y estético del uso del hormigón aplicado a la escultura, orientado hacia aquellas personas que estén interesadas en realizar obras plásticas en hormigón. Mostrar especialmente las enormes posibilidades formales, de acabados y texturas que ofrece el hormigón en este campo, siempre bajo el control adecuado de la técnica.

En cualquier caso el objeto de esta tesis sigue en constante evolución, abriendo un gran campo de investigación, y actualizando las nuevas tecnologías e innovaciones que siguen apareciendo. Esto nos hace pensar que en un futuro inmediato existan nuevas técnicas aplicables al mismo que se puedan seguir investigando, a partir de ejemplos concretos, de escultores que se hayan valido de ellas para realizar sus esculturas en este material. Por tanto la profundidad y potencialidad de esta tesis es temporal, como cualquier investigación de una técnica que diariamente avanza y se desarrolla.

Creo que a través del estudio de dicho material, tanto sus distintas composiciones y comportamientos, como los resultados obtenidos en la escultura, justifican este trabajo para todos aquellos que quieran aproximarse a la escultura en hormigón.

Objetivos generales.

Por los argumentos expuestos en el apartado anterior, entiendo que es necesario realizar una labor de investigación, experimentación, recopilación, documentación, análisis y divulgación de este material escultórico.

Creo que con este trabajo de investigación debo abalar la validez de este material como material escultórico tanto experimentando con trabajos propios como localizando obras realizadas por distintos escultores.

La labor de experimentación propia se debe acompañar de las experiencias ya obtenidas por escultores anteriormente, ver los pros y los contras del material tanto en mis manos como en las ajenas.

La imposibilidad propia del doctorando para poder hacer esculturas de tamaño monumental en estos momentos hace tener que investigar y documentarme acerca de ellas a escultores que las han podido realizar, mientras que las esculturas de pequeño y medio formato se experimentarán en distintas técnicas.

Se examinará la técnica desde que se ha comenzado a utilizar en escultura contemporánea, tiempo suficiente para poder observar la durabilidad del material y el envejecimiento de las obras realizadas en él.

Objetivos Específicos.

- Conocer la composición y procedencia de sus materiales así como la interrelación entre los mismos. Ver la viabilidad, si es fácil la adquisición de los mismos.
- Estudio de la técnica de la práctica del hormigón, observando si es factible su realización mediante unos medios técnicos asequibles y con unas indicaciones básicas de realización.
- Conocimiento de las patologías como muestra de las limitaciones de un material.
- Observar obras ya realizadas por escultores, ver cómo se realizaron y estudiar sus patologías si se aprecian.
- Analizar si existe continuidad en su uso como técnica escultórica.
- Estudiar si se están realizando investigaciones con este material aplicadas a la escultura y si existen nuevas técnicas o aplicaciones del material que puedan ser utilizadas en la escultura.

Metodología del trabajo.

Para el cumplimiento de los anteriores objetivos, primero introduzco con una breve reseña histórica del material desde sus comienzos hasta las últimas realizaciones escultóricas en el material comprobando su continuidad.

Se analizan los conceptos básicos del hormigón, clasificando y definiendo los distintos tipos del mismo y de sus componentes desde el cemento y sus tipos, los diferentes áridos que se pueden utilizar, el agua como debe ser su calidad y cantidad.

También se estudia otro tipo de materiales adicionales que se pueden añadir, como los distintos tipos de aditivos que existen y el armado con unas reglas básicas de colocación del mismo y explicación del sentido de su colocación.

Explico la dosificación de los distintos materiales, su mezcla, el vibrado de los mismos y los procedimientos físicos que experimenta el material durante su fraguado y su endurecimiento.

Estudio cuales son las características que tienen que cumplir los moldes tanto en su montaje como en su desencofrado.

Una vez estudiados estos conceptos básicos del comportamiento del material aplicados a la escultura se revisan los distintos procedimientos más habituales con los que se ha trabajado en escultura hasta la fecha, como modelados en negativo tanto en barro como en poliestireno expandido, distintos tipos de vaciado, como pueden ser las terminaciones del material con distintas texturas, incrustaciones, revestimientos, etc. También se revisa la técnica del gunitado aplicada a la escultura.

Para terminar con la práctica hay una recopilación de las últimas investigaciones del material en el mundo del arte y las últimas aplicaciones que se estén desarrollando que puedan ser aplicadas en un futuro próximo en las esculturas realizadas en hormigón.

En este trabajo de investigación he realizado una inclusión de escultores que han utilizado esta técnica para la creación de esculturas, muestro en qué época se han hecho y de qué manera para analizar similitudes conexiones y evolución de las mismas a lo largo del tiempo. Para ello he

visitado los museos de autores que han realizado obras en hormigón como Chillida, Oteiza, Ángel Mateos, contactado con expertos en sus obras dentro de sus organizaciones.

También he contactado con especialistas en fundaciones creadas alrededor de la obra de autores ya desaparecidos como Henry Moore o Eusebio Sempere. Para aquellos escultores que en la actualidad están realizando obra en hormigón o bien han realizado gran parte de su obra en este material como, José Luis Sánchez, Miguel Fuentes del Olmo o Javier Sauras el doctorando se ha trasladado a sus respectivas localidades para poder realizarlas entrevistas pertinentes y solicitarles la suficiente documentación de sus obras para este trabajo.

Existe gran cantidad de escultores que o han muerto, o viven en otros países en cuyo caso extraigo toda la documentación necesaria mediante bibliografía o Internet.

Por último, para poder saber cuáles son las limitaciones de este material en el campo escultórico, estudio las patologías que se han encontrado en ellas y en otro tipo de piezas que pese a no ser escultóricas nos pueden ayudar a la obtención de un buen diagnóstico de futuras obras que hayan sufrido similar patología, en cualquiera de los casos se aportó unas indicaciones para poder dar un pronóstico con el cual poder actuar.

Estado de La cuestión

Existen publicaciones que no recogen la totalidad del tema, entre ellas puedo destacar dos, la primera son los dos tomos que realizó en los años setenta y ochenta Marcel Joray sobre escultura en hormigón¹. En ellos realiza un análisis de lo que se ha realizado hasta el momento en escultura en hormigón, estos tomos han sido un gran apoyo para la realización de este trabajo de investigación, ya que de ellos se han podido obtener no solo alguna imagen de piezas, fotografías de la realización de alguna de las mismas e incluso de documentación de piezas que ya no se conservan. También ha servido como punto de arranque de la investigación facilitando algunos autores que han realizado su obra o parte de ella en hormigón y que a partir de aquellos años han continuado o no realizando obras en este material. Estos libros no entran en detalle en la técnica y como es lógico solo presentan obras realizadas hasta la fecha de su edición, por lo que se veía necesario investigar cual ha sido la evolución de la escultura en hormigón, descubrir más obras y artistas de las que vienen allí reflejadas.

La segunda publicación que destaco, es la escrita por María Isabel Sánchez Bonilla quien edita un Seminario de Escultura realizado en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de la Laguna en 1992. Uno de los apartados del libro, escrito por la misma profesora, trata sobre la técnica del cemento aplicada a la escultura, “Aplicaciones del cemento en la creación de esculturas. Fibrocemento, vaciado, construcción”.² Ese libro es un magnífico inicio a la materia y con este trabajo de investigación se ha considerado completar, detallar más en la técnica profundizando más en ella y aportando dos sectores que no se tocaban; las últimas

¹ MARCEL JORAY (1977) *Le béton dans l'art contemporain*, Neuchâtel, Suiza, ed Griffon 1ª ed, Vol 1.

MARCEL JORAY (1987) *Le béton dans l'art contemporain*, Neuchâtel, Suiza, ed Griffon 1ª ed, Vol 2.

² SÁNCHEZ BONILLA, Mª Isabel. (1993) “Aplicaciones del cemento en la creación de esculturas. Fibrocemento, vaciado, construcción” En: VVAA, *Escultura, hechos*. La Laguna, 1ª edición. Pág 7 a 82, La Laguna, Universidad de la Laguna.

investigaciones que existen con posibilidades escultóricas, las posibles patologías que pueden aparecer en la escultura y las soluciones a tomar. También se ha considerado facilitar de una forma gráfica y esquemática las soluciones y técnicas escultóricas aplicadas al hormigón.

Gracias a estas dos publicaciones este trabajo de investigación ha tenido un punto de arranque y han servido de guía y ayuda para la realización del mismo.

Conclusiones Generales

- El hormigón es el único material con el que se pueden realizar obras de gran formato en una única pieza, con costes moderados. El resto de los materiales deben de ser ensamblados, teniendo el problema de las juntas, que rompen la uniformidad y son en muchas ocasiones el origen de patologías.
- El bajo coste del material y la crisis actual hace suponer que se volverán a realizar muchas obras en hormigón para poderse ajustar a los costes actuales.
- La nueva maquinaria ha facilitado mucho la realización de obras en esta técnica, como la posibilidad de poder ser servido por fábricas, tanto de realización del mortero a gran escala, como de moldes en fábricas de prefabricados.
- Su fácil realización y rápida reproducción permite hacer grandes murales y relieves con precios relativamente bajos.
- Los escultores están continuamente analizando la continua proliferación de nuevos componentes del hormigón, así como técnicas innovadoras, de tal manera que aparecen nuevas ideas asociadas a la escultura con cada una de ellas.
- Gran parte de los escultores han utilizado esta técnica primordialmente en sus primeros pasos, por su accesibilidad y bajo coste.
- El hormigón es un material muy vivo, en la actualidad escultórica, se ha observado que escultores jóvenes están siendo atraídos por la técnica y realizan gran parte de su obra en hormigón. También se continúan realizando exposiciones de obras realizadas en hormigón, en el año 2013 en París y en Milán, incluso como única técnica como en *Betonart 7* exposición colectiva anual, realizada en Francia, país muy ligado a esta material.

XI-2 English summary

APPLICATION IN SCULPTURE OF HYDRAULIC CONGLOMERATE MADE FROM POZZOLANIC CLINKER

Because of my professional background as a building engineer and after graduated in Fine Arts, I decided that my doctoral thesis would encompass both fields. I chose concrete as the research basis since it is a commonly used material in Architecture and construction, but a big unknown in terms of its application in Sculpture.

Along the twentieth century, concrete has been deemed the leading material in Architecture and it is still the most used in construction, besides the development of other materials more technological. This constant development has generated an extensive technical documentation (handbooks, guidebooks, datasheets...). Much has been written about concrete, but since it is not a static material, its knowledge is still evolving and improving thanks to the investment in research required by the construction industry.

However, besides the wide knowledge and development in this field, there is a gap in terms of documentation about this material in its application in the world of Sculpture. It is the purpose of this thesis to provide information about this technique in order to be helpful in the research of the material, as well as to understand better the execution of pieces or the study of works already made with it.

As new materials and tools have emerged, sculptors have always investigated the different applications of these advances in order to incorporate them into their work. In the case of the reinforced concrete, from its creation at the beginning of the last century, it has been used assuming its sculptural material nature, especially between the seventies and eighties. But despite of being one of the most used materials in sculpture in the making of large pieces, it is not given enough spreading at teaching level.

Concrete provides a huge range of possibilities in sculpture, similar to natural stone but in forms that would be impossible to make because of its volume and shape. From enormous proportions as the monument to the Discovery of America in the Plaza de Colón of Madrid, from the sculptor Vaquero Turcios, to forms with interstice as those from Federico Assler. These works in stone would take years to execute, not being economically affordable in most of the cases.

The development of sculpture within the field of landscaping and urban planning has led to a significant change of scale that has increased the need of other materials and techniques. Concrete is in itself an exceptional material; it does not come directly from nature as stone or wood, but man has used it to produce stone in liquid form, a fluid that becomes rocky again. Therefore, it is an artificial material with a natural finishing.

This material is highly expressive. It is the best in communicating the spatial accurateness thanks to its ability to become a load-bearing element at the same level than skin, texture and coating. Its enormous aesthetic possibilities and its formal freedom are configured thanks to its continuity and the malleability of the material, fluid in its early stages, which confers huge advantages to the sculpture.

Each material has its own formal outcome. In the case of concrete, results are very rough due to that sincerity gained in its execution.

Notwithstanding that this freedom allows expressing opposing concepts and an infinitive number of textures, concrete needs a great amount of technical requirements and a strict technical rationality in its execution, with many peculiarities. It is remarkable how sensitive and vulnerable it is to any modification in its different stages in comparison to the high resistance and strength once finished. All its qualities are very sensible to the previous processes, from its initial dosage, mixing, pouring, vibrating and solidification to the final phase of curing, which explain why it is so necessary to know how to handle the material. Any mistake in its processing or execution will turn out to be irreversible.

It is a material that seems to be alive and at the same time it requires to follow certain rules. It needs its time for blending, mixing, molding and form making, as well as for the correct placement of framework and for the slow discharge for an even distribution. It is necessary to lavish attention in its setting and hardening. This is all part of an appropriate sculptural process.

The aging and deterioration of many concrete sculptures placed outdoors, which causes them to suffer many construction pathologies, opens a new field of restoration and shows the weakness of its components. In most cases, this deterioration responds to a poor execution. By analyzing these issues we will be able to foresee them, to explain its origin and to find solutions in order to minimize those pathologies.

In view of the above, I can state that the thesis of this research project is to assert the adequacy of this material as a sculptural material, studying its properties and its limitations in this scope.

In order to achieve the said hypothesis, this thesis is divided in four methodological parts:

- The first practical part aims to present concrete as a sculptural material, in which basic concepts of the material and the procedures of the technique applied to sculpture are provided. It includes a brief history of the material from its first evidence two thousand years ago in Puzzoli, even though it is not used in Sculpture until the beginning of the twentieth century.
- The second part provides a study of the latest investigations and products that are being made to see its future applications in sculpture and the latest pieces, pointing out what path sculptors are taking by applying the latest technologies to this material.
- Subsequently, all the possibilities that this material offers are being presented, examining sculptures made up to date. This section identifies its properties and deficiencies, the different types of finishes and its composition from the various kinds

of concrete, aggregates and additives available to alter the properties of concrete, both in its chemical processes and in its visual results.

- Finally, in order to determine its limitations, the best way to do so is to study its pathologies, investigating its origin, methods of prevention and the possibility to restore them.

Not wanting the thesis to be just a mere guide of the material, an in-depth analysis of the spectrum of concrete sculpture is provided, resulting in a synthesis of the use of this technique in the last hundred years. Research has been done on sculptors that have used this technique to create their pieces, considering the results achieved and the problems they encountered. With great generosity, most of them have taught me how they have produced their work. It has been exciting to see the achievements that they have accomplished with the material and the humility with what they have conveyed it to me.

Therefore, all the information generated in this research work becomes a practical and aesthetic instrument of the use of concrete applied to Sculpture and it is aimed to those people interested in producing art work in concrete. It is intended to show the enormous possibilities in forms, finishes and textures offered by concrete, with the appropriate handling of the technique.

In any case, the topic of this thesis is continually evolving, opening a great field of research and updating the emerging technologies and innovations. This makes us think that in the near future there will be new techniques applicable to it that will allow continuing the search using specific samples from sculptors that have used them to produce their works in this material. Therefore, the depth and potential of this thesis is temporary, as it is in any technique research that progress and develops on a daily basis. what justifies this research for all of those who wish to approach concrete sculpture.

Overalls Goals

In view of the arguments presented in the section above, I understood it was necessary to conduct a work of research, experimentation, recompilation, documentation, analysis and disclosure of this sculptural material.

With this research, it is my intention to endorse the validity of this material as sculptural material, both by my experience from my own work as well as by searching other sculptors' works.

A personal experience must be accompanied by the experiences previously obtained by other sculptors, weighing the pros and cons found by others in the use of the material as well as by myself.

Unable to make large sculptures at this time, this PhD student is being compelled to search and obtain information from sculptors who have had the chance to produce them, while small and medium format sculptures will be experienced through different techniques.

It will be studied the technique since it was first used in contemporary sculpture, time enough to observe the durability of the material and the ageing of the works made with it.

Specific Goals

- To know its composition and origin, as well as the interrelations among them, and to determine its viability and whether it is feasible its acquisition.
- Study of the technique of the concrete practice, considering whether it is feasible its use through affordable technical means and with basic instructions.
- The knowledge of pathologies as evidence of the limitations of any material.
- To examine works already produced by sculptors and how they were produced. To study their pathologies, if any.
- To determine if continuity exists in its use as a sculptural technique.
- To study if there are any new techniques or applications of the material that can be implemented in sculpture.

Work Methodology

In order to pursue these objectives, I have started with a brief historical review of the material, from its early days until the most recent sculptural works, checking its continuity.

It is analyzed the basic concepts of concrete, classifying and defining its different kinds and its components from cement and its types, the aggregates that can be used and the amount and quality of the water.

It is also taken into consideration any other additional materials that can be added, as well as the different kinds of additives available, and the assembly with some basic rules about its installation and the direction of its placement.

I have explained the dosage of the different materials, the mixing and vibrating of them and the physical processes that the material passes through during its solidification.

I have considered the features required for the molds both in their assembly and in their uncasing.

Following the study of the basic concepts of the behavior of the material applied to sculpture usual, I have reviewed the most usual procedures I have used in sculpture up to date, like negative molding in clay as well as in expanded polystyrene, the different kinds of emptying, the material finishes in different textures, inlays, coatings, etc. It is also reviewed the technique of the shotcrete applied to sculpture.

At the end of this practice there is a recompilation of the latest studies of the material in the world of art and the latest applications that are being developed and could be applied to concrete sculptures in the near future.

In this research work I have included sculptors that have used this technique to create sculptures, indicating when they have been made and in what way in order to analyze similarities and connections, as well as its evolution over time. To accomplish that, I have visited museums of artists who have produced concrete work as Chillida, Oteiza, Ángel Mateos, and established contact with experts in their works.

I have also contacted specialists from foundations created around the work of late artists such as Henry Moore or Eusebio Sempere. In regard to those artists that are currently producing all or part of their work in this material, such as José Luis Sánchez, Miguel Fuentes del Olmo or Javier Sauras, this PhD student has travelled to their locations to conduct interviews with them and to request information directly from them about their work for completing this research.

There are many sculptors that are either dead or living in foreign countries. In such cases, I have obtained all the necessary documentation from existing bibliography or in the Internet.

Finally, in order to know what the limitations of this material are in the sculptural field, I have analyzed the pathologies that have been found in them and in other type of pieces that, in spite of not being sculptural, can also help us obtain a diagnosis for future works suffering a similar condition. In either case, indications were provided in order to develop a protocol of action.

The Status of the matter in question

Among publications, two stand out, even though they do not cover the entire matter. First, the two volumes by Marcel Joray from the seventies and eighties about concrete sculpture in which the author analyzes what was done so far in concrete sculpture. These volumes have been very helpful for this research, since they include pictures of the making process of some works and even documentation of pieces that do not exist anymore. They have also represented a starting point for this research by presenting some authors that have produced all or part of their works with concrete, whether they have kept working with this material or not. These books do not get into details about the technique and, obviously, they only present works produced before their edition, so it was necessary to examine what the evolution of the concrete sculpture has been and to find out more works and artists than the ones compiled in them.

María Isabel Sánchez Bonilla has written the second publication I want to highlight. She has published a Seminar on Sculpture, organized by the Faculty of Fine Arts of the University of La Laguna in 1992. In one of the sections of this book, the professor addresses the technique of concrete applied to the sculpture: “*Aplicaciones del cemento en la creación de esculturas. Fibrocemento, vaciado, construcción*”. This publication constitutes a magnificent introduction to this field and the intention with my research work has been to complement and specify it by contributing with two that were not covered: the latest studies about sculptural possibilities and the possible pathologies that can be found in sculpture and the solutions to be taken. It is also intended to provide solutions and sculptural techniques in a schematic and graphic way.

Thanks to these two publications, this research work had a starting point and they have served both for guidance and support for its accomplishment.

General conclusions:

- Concrete is the only material to make large-format works in one single piece at low cost. Other materials have to be assembled, facing the problem of the joints, which break the uniformity and are in many cases the origin of different pathologies.
- The low cost of the material and the current crisis suggest that many works in concrete will be executed in order to adjust to current costs.
- The new machinery has facilitated the execution of works in this technique, such as the possibility to be served by factories, both in making the mortar on a large scale, as well as the molds in factories of precast.
- It's easy execution and its fast reproduction enable to make large murals and reliefs at affordable costs.
- Sculptors are constantly scanning the ongoing proliferation of new concrete components as well as innovative techniques, and consequently new ideas associated to sculpture emerge with each one of them.
- Many sculptors have used this technique mainly in their early steps due to its availability and low cost.
- Concrete is a living material in the sculptural scenery. Young sculptors are being attracted by this technique and produce a great deal of their work in concrete. Exhibitions of works made out of concrete have been held, such as Paris and Milan in 2013, and as a collective exhibition like *Betoart 7*, held in France, a country closely linked to this material.

